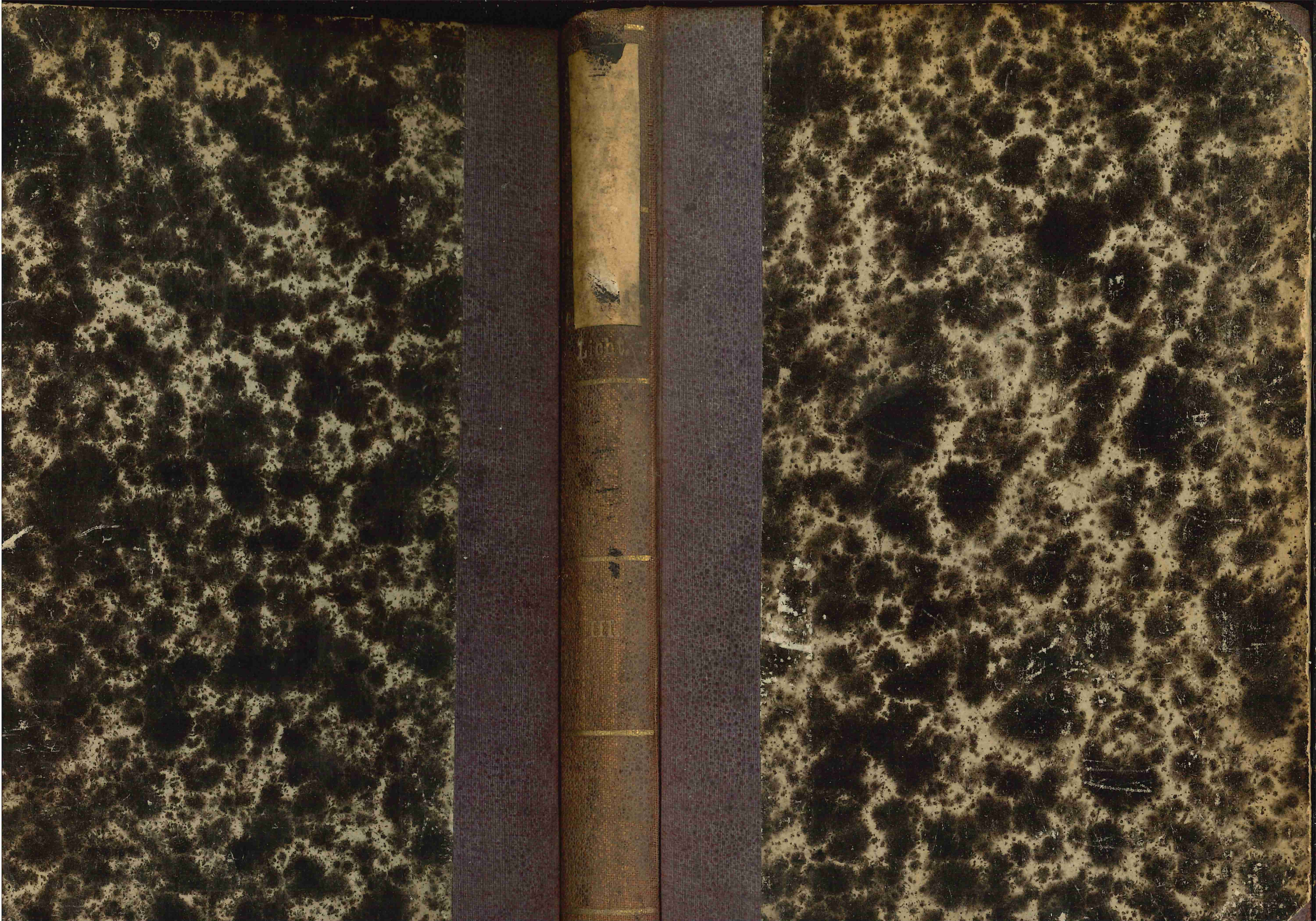
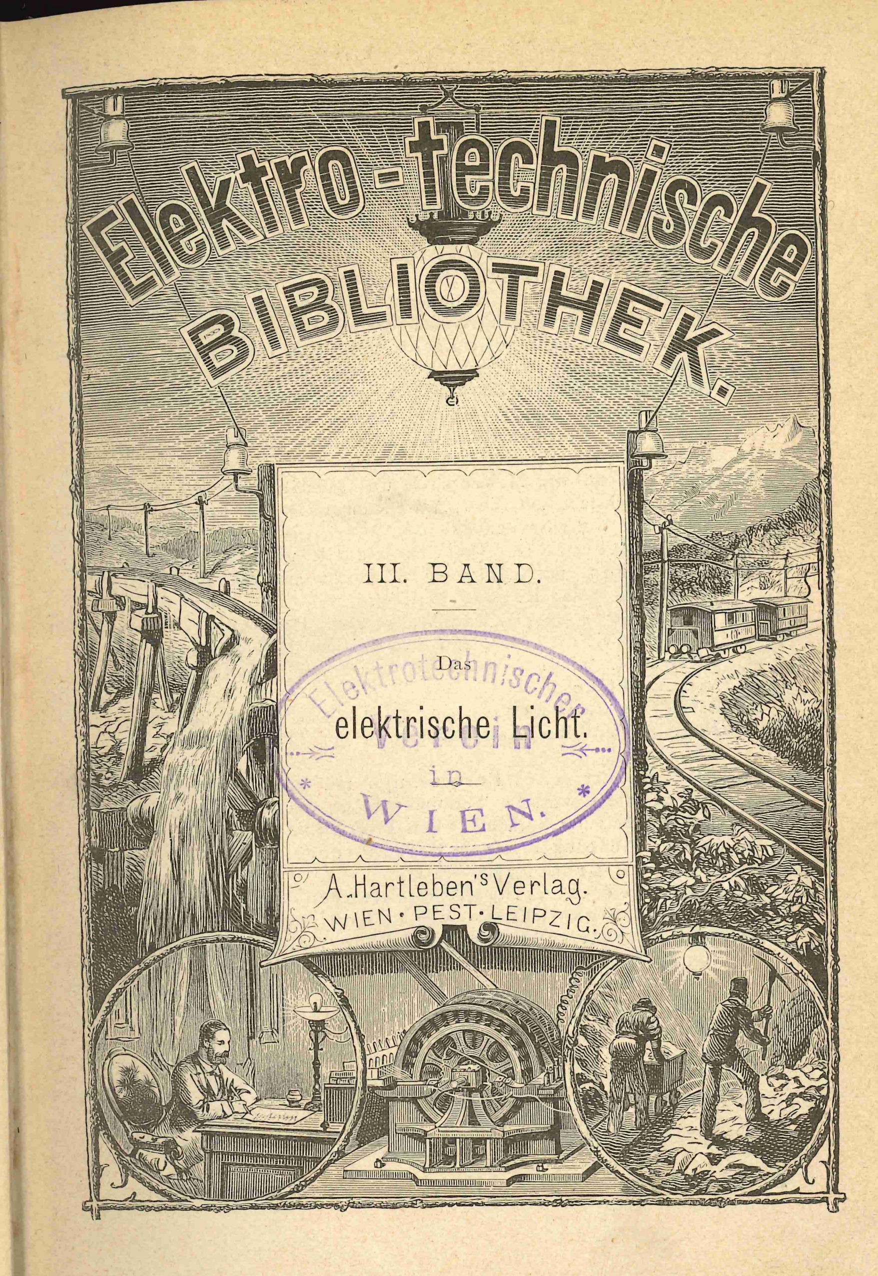



Ausgeschieden
UBTU Wien
Elektrotechnischer
Verein
in
WIEN.


Elektro-technische
BIBLIOTHEK.
III. BAND.
Das
elektrische Licht.
A. Hartleben's Verlag.
WIEN · PEST · LEIPZIG.

A. HARTLEBEN's

Elektro-technische Bibliothek.

In reich illustr. Bänden, geh. à 1 fl. 65 kr. ö W. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop.; eleg. gbdn. à 2 fl. 20 kr. ö. W. = 4 Mark = 5 Francs 35 Cts. = 2 R. 40 Kop

I. Band. Die magnetelektrischen und dynamoelektrischen Maschinen und die sogenannten Secundär-Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von Gustav Glaser-De Cew. Dritte Auflage.
II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing.
III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. von Urbanitzky.
IV. Band. Die galvanischen Batterien, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction und ihre mannigfaltigen Anwendungen in der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck.
V. Band. Die Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack.
VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartze.
VII. Band. Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetall-Gewinnung, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von Eduard Japing.
VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente, sowie die Instrumente zum Studium der elektrostatischen Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Construction. Von A. Wilke.
IX. Band. Die Grundlehren der Elektricität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Wilh. Ph. Hauck.
X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhange, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, englischer und französischer Sprache. Von Prof. Dr. Zech.
XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen. Von Dr. A. von Urbanitzky.
XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst.
XIII. Band. Elektrische Uhren und Feuerwehr-Telegraphie. Von Prof. Dr. A. Tobler.
XIV. Band. Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter.
XV. Band. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter.
XVI. Band. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

Auch in ca. 60 Lieferungen à 30 Kr. ö. W. = 60 Pf. = 80 Cts. = 36 Kop. zu beziehen.

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Das

ELEKTRISCHE LICHT

und die hierzu angewendeten

Lampen, Kohlen und Beleuchtungskörper.

Dargestellt von

Dr. Alfred von Urbanitzky.

Mit 89 Abbildungen.

WIEN. PEST. LEIPZIG.
A. HARTLEBEN'S VERLAG.
1883.

Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Zu Beginn des neunzehnten Jahrhundertes entdeckte Davy den elektrischen Flammenbogen, anfangs der zweiten Hälfte dieses Jahrhundertes erfand Siemens den Cylinderinductor und ungefähr zehn Jahre darauf entdeckte er das dynamische Princip; einige Jahre später construirte Pacinotti seinen Ringinductor und hierauf folgte die Maschine von Gramme. Ziemlich stille und ohne viel Aufsehen zu erregen legte das elektrische Licht diese ersten Stadien seiner Entwicklung zurück.

Da kam die internationale Ausstellung für Elektricität in Paris und entrollte zum erstenmale in überraschender Fülle ein vollkommenes Bild alles dessen, was die Elektrotechnik bisher geleistet hatte. Sie wird ein ewig denkwürdiger Markstein in der Culturgeschichte der Menschheit bleiben.

Von diesem Zeitpunkte an ist auch eine neue Epoche unseres Beleuchtungswesens zu datiren. Zahllos, in hastiger Eile, den Wogen eines hochangeschwollenen Wildbaches vergleichbar, drängten sich Erfindungen auf

Erfindungen. Wir stehen gegenwärtig inmitten des heftigsten Kampfes zwischen dem Gaslichte und der elektrischen Beleuchtung. Die Elektrotechniker bringen uns täglich neue Lampen, neue Constructionen der Lichtmaschinen, neue Anwendungen des elektrischen Lichtes; die Gasingenieure suchen mit den mannigfachsten Mitteln die Leuchtkraft des Gases zu erhöhen, die alten Brenner zu verbessern, neue zu construiren — man ist wirklich versucht, mit Hefner v. Alteneck als einen Vortheil des elektrischen Lichtes auch den anzugeben, dass es überall, wo es sich auch nur von der Ferne zeigt, sogleich eine doppelt so helle Gasbeleuchtung hervorruft, als die früher in Gebrauch gewesene. Hierbei richten sich die Bestrebungen der Gasfachmänner darauf, die Leuchtkraft der einzelnen Flammen zu erhöhen, jene der Elektrotechniker dagegen bezwecken die gewaltige Lichtmenge, welche eine Maschine zu erzeugen im Stande ist, entsprechend zu vertheilen.

Aber selbst im Lager der Elektrotechniker herrscht keine Einigkeit; es stehen auch hier die einzelnen Parteien einander schroff gegenüber. Hier lautet das Feldgeschrei »Glühlicht«, dort »Bogenlicht«, drüben »Wechselströme«, herüben »gleichgerichtete Ströme« und dabei nimmt jede Partei die Zukunft des elektrischen Lichtes für sich in Anspruch. Jedes Land, jede Gesellschaft, jeder Erfinder hat die beste Lampe. Man wird überdies nicht fehlgehen, wenn man die Zahl der bereits in den verschiedenen Ländern patentirten Lampen auf mehr denn tausend schätzt. Wies doch ein im vorigen Jahre in Paris erschienenes Büchlein bereits

die stattliche Anzahl von 600 französischen Patenten auf Lampenconstructionen auf!

Hier Spreu vom Weizen zu sondern ist wahrlich keine leichte Aufgabe; wer ist in der gegenwärtigen Sturm- und Drangperiode im Stande, mit sicherer Hand das Gute von dem minder Guten und Schlechten zu trennen?

Ich begnüge mich deshalb damit, die Bausteine zum Aufbaue dieses neuen, mächtigen Gebäudes herbeizuschaffen. Doch wollte ich die Baumaterialien auch nicht ganz regellos auf einander schichten, und versuchte daher ein klein wenig Ordnung hineinzubringen, um nicht Balken unter Steine, Ziegel unter den Mörtel zu mengen.

Die Eintheilung der Lampen in einzelne Gruppen zur besseren Uebersicht bietet mancherlei Schwierigkeiten dar. Die Sonderung in Lampen für Wechselströme und solche für gleichgerichtete Ströme ist durch einen gar zu geringen Unterschied gegeben. Die Vergrösserung oder Verkleinerung des Durchmessers eines Rades genügt häufig, um die Lampe für die eine oder die andere Verwendungsart brauchbar zu machen. Aehnliches gilt für die Unterscheidung von Einzellicht- und Theillichtlampen: Der Ersatz einer Feder durch ein Solenoid oder die doppelten Windungen eines solchen an Stelle einfacher bildet hier gewöhnlich den Unterschied. Sämmtliche Lampenbeschreibungen ohne Untertheilung an einander zu reihen, würde aber die Uebersicht wesentlich erschweren, und so zog ich es vor, lieber eine, vielleicht nicht ganz tadellose Eintheilung zu geben, als gar keine.

Von diesem Standpunkte aus bitte ich den gütigen Leser, das vorliegende Werk zu beurtheilen und betrachte meinen Zweck als erreicht, wenn es mir gelungen ist, Anregung zum Studium dieses neu und mächtig aufstrebenden Wissenszweiges der Elektrotechnik gegeben zu haben.

Dr. A. v. Urbanitzky.

Inhalt.

Illustrations-Verzeichniss.

Elektrische Einheiten.

Mass-Einheiten, welche zu elektrischen Messungen dienen.

I. Die absoluten oder C. G. S. (Centimeter-Gramm-Secunde-) Einheiten.

1. Längeneinheit: 1 Centimeter.
2. Zeiteinheit: 1 Secunde.
3. Krafteinheit. Die Krafteinheit ist diejenige Kraft, welche für eine Secunde lang auf eine frei bewegliche Masse von dem Gewichte eines Grammes wirkend, dieser Masse eine Geschwindigkeit von 1 Centimeter per Secunde verleiht.
4. Die Arbeitseinheit ist die Arbeit, welche von der Krafteinheit verrichtet wird, wenn dieselbe die Entfernung von 1 Centimeter zurücklegt. Diese Einheit ist in Paris = 0·00101915 Centimeter-Gramm, oder mit andern Worten, um das Gewicht eines Grammes einen Centimeter hoch zu heben, sind 980.868 Krafteinheiten nöthig.
5. Die Einheit der elektrischen Quantität ist diejenige Quantität von Elektricität, welche auf eine gleich grosse Quantität, die einen Centimeter weit entfernt ist, eine Kraft gleich der Krafteinheit ausübt.
6. Die Einheit des Potentials oder der elektromotorischen Kraft existirt zwischen zwei Punkten, wenn die Einheit der elektrischen Quantität bei ihrer Bewegung von dem einen Punkte zum andern die Krafteinheit gebraucht, um die elektrische Abstossung zu überwinden.
7. Die Widerstandseinheit ist die Einheit, welche nur einer Quantitätseinheit den Uebergang zwischen zwei Punkten, zwischen welchen die Potentialeinheit existirt, in einer Secunde gestattet.

II. Die sogenannten praktischen Einheiten für elektrische Messungen.

1. Weber,	Einheit der magnetischen Quantität	$= 10^8$	C. G. S.	Einheiten
2. Ohm [1])	» des Widerstandes	$= 10^9$	»	»
3. Volt [2])	» der elektromotor. Kraft	$= 10^8$	»	»
4. Ampère [3])	» » Stromstärke	$= 10^{-1}$	»	»
5. Coulomb	» » Quantität	$= 10^{-1}$	»	»
6. Watt [4])	» » Kraft	$= 10^7$	»	»
7. Farad	» » Capacität	$= 10^9$	»	»

[1]) 1 Ohm ist etwa gleich dem Widerstande von 48·5 Meter reinen Kupferdrahtes von einem Durchmesser von 1 Mm. bei einer Temperatur von 0° Celsius.

[2]) Ein Volt ist 5—10% weniger als die elektromotorische Kraft eines Daniell'schen Elementes.

[3]) Der Strom, welcher durch die elektromotorische Krafteinheit, die Widerstandseinheit in einer Secunde zu durchfliessen im Stande ist, ist = 1 Amp.

[4]) 1 Watt = Ampère × Volt; 1 H P = $\frac{\text{Amp.} \times \text{Volt}}{746}$ 1 Cheval de vapeur = $\frac{\text{Amp.} \times \text{Volt.}}{735.}$



I.

Theorie des Glühlichtes.

Elektrisches Licht entsteht jederzeit, auf welche Art es auch immer erzeugt werden möge, dadurch, dass sich Elektricität in Wärme umsetzt. Schon kurze Zeit nach der Erfindung der Voltasäule (durch Volta i. J. 1800) hatte man beobachtet, dass ein dünner Draht, in den Schliessungskreis einer galvanischen Batterie eingeschaltet, sich unter gewissen Verhältnissen lebhaft erwärmt, ja sogar zum Glühen und Schmelzen kommen kann. Davy zeigte bereits, dass unter sonst gleichen Umständen eine desto stärkere Erwärmung eintritt, je grösser jener Widerstand ist, welchen der betreffende Leiter dem Durchgange des elektrischen Stromes entgegensetzt. Die ersten genaueren Untersuchungen dieser Verhältnisse rühren von Joule her und ergaben als Resultat das Gesetz, dass die in einer bestimmten Zeit entwickelte Wärmemenge dem Leitungswiderstande des Drahtes und dem Quadrate der Stromstärke proportional ist. Ist demnach die in der Längeneinheit des Stromkreises entwickelte Wärmemenge $= m$, der Gesammtwiderstand $= w$, die Stromstärke $= i$, so wird die in der Zeit t entwickelte Wärmemenge M ausgedrückt durch die Gleichung

$$M = m\, w\, i^2\, t.$$

Vorausgesetzt, dass der elektrische Strom im gegebenen Schliessungskreise keine andere Arbeit (wie etwa elektrolytische Zersetzung) zu leisten hat, wird die gesammte Elektricität in Wärme umgewandelt. Die hierbei in der Zeiteinheit geleistete Arbeit, die erzeugte Wärmemenge $\frac{M}{mt}$, die fernerhin der Kürze wegen mit W bezeichnet werden soll, giebt die Gleichung

$$W = i^2 w. \quad (1)$$

Das Gesetz von Ohm, welches die Beziehungen zwischen elektromotorischer Kraft, Widerstand und Stromstärke ausdrückt, lautet: Die Stromstärke (i) ist direct proportional der elektromotorischen Kraft (e) und umgekehrt proportional dem Widerstande (w) des Stromkreises. Der Widerstand (w) des Stromkreises ist direct proportional seiner Länge (l) und dem specifischen Leitungswiderstande (s) seines Stoffes und umgekehrt proportional seinem Querschnitte (q)*).

*) Bezüglich exacter Definitionen der Bezeichnungen: Widerstand, Stromstärke, elektromotorische Kraft muss auf ein Lehrbuch der Physik oder den 9. Band dieser Bibliothek verwiesen werden. Zum Verständnisse obiger Auseinandersetzungen wird ein Hinweis auf ähnliche Verhältnisse in der Hydraulik genügen. Lässt man aus einem Reservoir durch eine Röhrenleitung Wasser ausfliessen, so hat man auf folgende Umstände zu achten: Die verticale Entfernung der Flüssigkeitsoberfläche im Reservoir von der Ausflussöffnung, die Menge des ausfliessenden Wassers und die Reibung des Wassers in der Röhrenleitung. Die Höhe des Wasserspiegels über der Aufflussöffnung giebt ein Mass für den Druck, unter welchem das Wasser ausfliesst, und hat wesentlichen Einfluss auf die Menge des ausfliessenden Wassers, denn es ist klar, dass bei höherem Drucke dem Wasser auch eine grössere Geschwindigkeit ertheilt wird, dass also bei gleichem Querschnitte der Ausflussöffnung mehr Wasser in einer bestimmten Zeit ausfliessen wird, wenn der Druck ein grösserer ist, als in derselben Zeit bei geringerem Drucke. Die Menge des ausfliessenden Wassers hängt aber auch von der Reibung des Wassers in der Röhrenleitung ab, denn je grösser die Reibung zwischen Wasser und Röhrenwand ist, desto mehr wird auch die Bewegung des Wassers in den Röhren verzögert. Diese Reibung wird aber grösser werden, je länger die Röhrenleitung und je kleiner ihr Querschnitt wird.

Die Anwendung dieser Betrachtungen auf die Verhältnisse des elektrischen Stromes ergiebt sich, indem man für Druck — elektromotorische Kraft an den Polklemmen der Maschine, für Wassermenge — Stromstärke und für Reibungswiderstand — Leitungswiderstand setzt. Bei letzterem hat man aber zu unterscheiden jenen Widerstand, der abhängig ist von den physikalischen Eigenschaften des Leiters, also den Dimensionen und der Temperatur desselben, und jenen, welcher von der chemischen Zusammensetzung des Leiters herrührt; letzteren nennt man den specifischen Leitungswiderstand.

Man hat daher

$$i = \frac{e}{w} \quad (2)$$

und

$$w = \frac{l\,s}{q} \quad (3)$$

Setzen wir den durch das Ohm'sche Gesetz erhaltenen Werth für i in die Gleichung (1) ein, so entsteht die Gleichung

$$W = \frac{e^2}{w^2} \,.\, w \text{ oder } W = \frac{e^2}{w} \quad (4)$$

Gleichung (2) besagt, dass die Intensität eines galvanischen Stromes an allen Stellen seiner Leitung gleich ist; Gleichung (1) lehrt aber, dass die durch den Strom producirte Wärmemenge bei gleichbleibender Intensität des Stromes nur vom Widerstande des Leiters abhängt

und mit diesem zu- oder abnimmt, dass also bei verschiedenen Widerständen an den einzelnen Stellen des Leiters die grösste Wärmeentwickelung dort erfolgt, wo der grösste Widerstand vorhanden ist, und Gleichung (4), dass bei gleichbleibender elektromotorischer Kraft, also derselben constanten Elektricitätsquelle, die entwickelte Wärmemenge sich umgekehrt zu dem Gesammtwiderstande des Schliessungskreises verhält.

Diese Gleichungen (1, 2, 3 und 4) geben die Grundregeln zur Erzeugung des elektrischen Lichtes. Hierbei handelt es sich nämlich darum, dass der von einer Elektricitätsquelle gelieferte Strom möglichst vollständig und nur an bestimmten Punkten (in den Lampen) in Wärme umgesetzt wird. Um diesen Zweck zu erreichen, hat man daher Folgendes zu thun: 1) Den Gesammtwiderstand des Stromkreises, also die Summe der Widerstände im Elektricitätserzeuger, in der Leitung und in den Lampen nach der Gleichung $W = \frac{e^2}{w}$ möglichst gering zu machen, weil dann der Werth W (die entwickelte Wärmemenge) am grössten wird.*)

2. Die Widerstände der einzelnen Theile des Stromkreises bei ungeändertem Gesammtwiderstande so zu vertheilen, dass der grösste Widerstand nur an bestimmten Stellen (in den Lampen) vorhanden ist, in den übrigen Theilen des Stromkreises aber derselbe möglichst gering ausfällt, da man die Wärmeerzeugung eben nur an

*) Hierbei ist natürlich die elektromotorische Kraft e als unveränderlich vorausgesetzt, d. h. eine gegebene constante Elektricitätsquelle angenommen. Diese Annahme wird gemacht, da im vorliegenden Buche auf die Elektricitätserzeuger nicht eingegangen werden soll.

jenen Stellen verwerthen kann, und nach der Gleichung $W = i^2 w$ die erzeugte Wärmemenge unter sonst gleichen Umständen dort am grössten wird, wo der grösste Widerstand vorhanden ist.

3. Um an der gewünschten Stelle einen möglichst grossen Widerstand zu erzielen, muss für dieses Stück des Stromkreises ein Material gewählt werden, welches bei grossem specifischen Leitungswiderstande*) einen möglichst geringen Querschnitt besitzt, da die Gleichung $w = \frac{l\,s}{q}$ lehrt, dass dann auch der Widerstand w am grössten wird; die Länge l kann aus praktischen Gründen nicht sehr gross gemacht werden.

4. Die Wärmeabgabe jener Stelle (Lampe), an welcher das Licht erzeugt werden soll, an die Umgebung ist möglichst zu verhindern, da die Temperatur eines Körpers nicht nur von der zugeführten Wärmemenge abhängt, sondern auch davon, wie viel Wärme derselbe in einer bestimmten Zeit an seine Umgebung abgiebt.**)

*) Bei den Glühlichtlampen wendet man daher nicht mehr Metalldrähte, sondern Kohlenfäden an, da der specifische Leitungswiderstand der letzteren eben bedeutend grösser ist, als bei den ersteren.

**) Es ist deshalb zweckmässiger, die Glaskugeln der Glühlichtlampen zu evacuiren, als mit Kohlenwasserstoffen zu füllen, indem letztere die Wärme viel besser leiten, als ein sogenanntes Vacuum.

II.

Theorie des Voltabogens.

Die oben gegebenen theoretischen Erläuterungen lassen sich nicht nur für die Erzeugung des elektrischen Glühlichtes, also bei einem an keiner Stelle unterbrochenen Stromkreise anwenden, sondern sie geben auch für die Lichterzeugung durch den Voltabogen wichtige *Anhaltspunkte*, da ja dieser auch keine Unterbrechung des Stromkreises, sondern nur ein Stück sehr schlechten Leiters (Luft und glühende Kohlentheilchen) darstellt. Hierbei darf aber nicht vergessen werden, dass der *Widerstand*, welchen der Voltabogen als *schlechter Leiter* dem Durchgange des Stromes entgegensetzt, nur einen *kleinen Theil* des Hindernisses bildet, das der elektrische Strom hier findet, das *grösste* Hemmniss aber die im Bogen selbst entwickelte *elektromotorische Gegenkraft* ist. (Siehe Seite 8.)

Sir *Humphry Davy* entdeckte den Voltabogen (1813), als er gelegentlich seiner elektrochemischen Untersuchungen einmal die aus Kohlenstäbchen bestehenden Polenden einer Batterie von 2000 Elementen nach vorhergegangener Berührung wieder von einander trennte. Die Stäbchen konnten 10 Cm. von einander entfernt werden, und der Bogen blieb; unter der Glocke einer Luftpumpe

konnte er, bei Verdünnung der Luft auf 6 Mm. Quecksilbersäule, noch in einer Länge bis zu 18 Cm. erhalten werden. Eine Reihe von Forschern beschäftigte sich von nun an mit der Untersuchung des Voltabogens. So fand *Deprez*, dass bei Vermehrung der Elemente der Lichtbogen schneller wächst als die Zahl der Elemente, dass dieser Zuwachs stärker ist für kleine Lichter als für grosse, dass der Lichtbogen länger ist, wenn sich der positive Pol *oben* befindet, als wenn er den *unteren* Platz einnimmt.

Fig. 1.

Erzeugt man mit Hilfe einer Sammellinse ein Bild des Lichtbogens (Fig. 1), so sieht man, dass die beiden Kohlen kurze Zeit nach Entstehen des Bogens, wenn zu seiner Erzeugung gleichgerichtete Ströme angewendet werden, ein von einander verschiedenes Aussehen gewinnen. Die positive Kohlenelektrode höhlt sich kraterförmig aus und bildet eine kleine Sonne, welche an 65 % der ganzen Lichtmenge nach Richtungen ausstrahlt, die der Wölbung des Kraters entsprechen. Die negative Elektrode bleibt nahezu spitz und sendet daher ihre Lichtstrahlen nach allen Richtungen. Auf

beiden Kohlen erscheinen glänzende Kügelchen g, die von den mineralischen Verunreinigungen der Kohlen herrühren; sie fehlen, wenn die Kohlen rein sind.

Wird der Bogen in freier Luft erzeugt, so vermindern sich die Kohlen sehr rasch und zwar die positive Kohle ungefähr doppelt so schnell als die negative. Im Vacuum hingegen höhlt sich nur die negative Kohle aus und nimmt an Volumen ab, während sich die positive Spitze verlängert.

Wendet man zur Erzeugung des Voltabogens sogenannte Wechselströme an, das heisst Ströme, deren Richtung fortwährend wechselt, so brennen beide Kohlen gleichmässig ab und bleiben mehr oder weniger spitz, weshalb auch beide Kohlen gleiche Lichtmengen ausstrahlen.

Wie bereits erwähnt (Seite 6), genügt es nicht, den Voltabogen nur als Leiter von hohem Widerstande zu betrachten, da sich im Bogen selbst eine elektromotorische Kraft entwickelt, die jener des ihn erzeugenden Stromes entgegengesetzt ist. Um den Leitungswiderstand und diese elektromotorische Gegenkraft zu überwinden, muss auch die Stromquelle einen Strom von einer gewissen Intensität liefern können. Man kann daher den Voltabogen nicht durch ein einziges, wenn auch noch so grossplattiges Element erzeugen, da die Intensität des Stromes bei grossem (sogenanntem äusseren) Widerstande im Schliessungsbogen nur durch Vermehrung der Elemente gesteigert werden kann. Denn man hat nach dem Ohm'schen Gesetze für ein Element die Stromintensität

$$i = \frac{e}{w + w^1} \qquad (1)$$

wenn e die elektromotorische Kraft, w^1 der Widerstand im Voltabogen und w den gesammten übrigen Widerstand im Schliessungskreise bezeichnet. Für eine Anzahl von n Elementen erhält man

$$i^1 = \frac{n\,e}{n\,w + w^1}$$

Da der Widerstand w im Verhältniss zu w^1 sehr klein ist, so kann man auch schreiben

$$i = \frac{e}{w^1} \text{ und } i^1 = \frac{n\,e}{w^1}$$

woraus sich

$$i^1 = n\,i$$

ergiebt.

Wird aber an Stelle eines Elementes ein anderes mit n-fach grösseren Platten gesetzt, so erhält man die Gleichung

$$i^1 = \frac{e}{\frac{w}{n} + w^1} = \frac{n\,e}{w + n\,w^1}$$

und da w gegen w^1 sehr klein ist

$$i^1 = \frac{n\,e}{n\,w^1} = \frac{e}{w^1}.$$

Gleichung (1) geht aus demselben Grunde über in

$$i = \frac{e}{w^1} \text{ also } i = i^1,$$

woraus ersichtlich, dass die Intensität durch Vergrösserung der Platten des Elementes nicht vergrössert werden kann. Die Anwendung dieser Betrachtungen auf die Erzeugung des Voltabogens durch Ströme von elektrischen Maschinen erfordert nur, dass man unter n nicht die Anzahl der Elemente, sondern die Zahl der

Drahtwindungen des Ankers, welche in einer bestimmten Zeit ein magnetisches Feld passiren, versteht. Die Intensität des Stromes einer Maschine bei grossem äusseren Widerstande kann also entweder durch Vermehrung der Drahtwindungen im Anker oder durch schnellere Rotation derselben gesteigert werden, nicht aber durch Verstärkung der Magnete.

Für den Widerstand des Lichtbogens werden sehr verschiedene Grössen angegeben; Siemens veranschlagt ihn auf 1 Siemens-Einheit, Schellen auf 30—40, Hagenbach fand bei Anwendung eines Regulators von Serrin einen Widerstand von 4·75 S.-E. Die Angabe von Siemens ist wohl nur für grosse Einzellichter giltig, während nach Uppenborn's Angaben für die gewöhnlichen elektrischen Lichter 2 S.-E. und für die kleinen Theilungslichter 4 S.-E. zu setzen sind; die elektromotorische Kraft der Polarisation der Kohlenelektroden (die elektromotorische Gegenkraft) dürfte etwa 30 Volts betragen.

Die Lichtstärke des Voltabogens wurde von Foucault und Fizeau gemessen und hierbei gefunden, dass wenn man die Lichtintensität der Sonne als Einheit annimmt, jene des elektrischen Lichtes = 0·5, des Drummond'schen Kalklichtes = 0·0066 und des Mondlichtes = 0·000003 der Intensität des Sonnenlichtes beträgt. Die Lichtstärke ist unter sonst gleichen Bedingungen abhängig von der Länge des Bogens und vergrössert sich, wenn letzterer von 1 auf 5 Millimeter verlängert wird, von 547 auf 1140 Normalkerzen, während bei der als praktisch ermittelten Länge des Bogens von 3 Mm. dessen Intensität 874 Normalkerzen Leuchtkraft besitzt. Wichtig für die Praxis ist die Richtung der Lichtstrahlen; während bei der Anwendung vertikal übereinander angeordneter Kohlen und gleichgerichteter Ströme der grösste Theil des Lichtes von der positiven Kohle ausgeht und wegen deren Kraterbildung nach einer begrenzten Anzahl von Richtungen gesendet wird, strahlt der Bogen bei derselben Anordnung der Kohlen, aber unter Anwendung von Wechselströmen, das Licht nach allen Richtungen gleichmässig aus. Bestimmte Richtungen für die Ausstrahlung der Hauptmasse des Lichtes werden auch bei der Anwendung elektrischer Kerzen erzielt. (Nähere Angaben über diese Verhältnisse folgen in dem Bande der elektrotechnischen Bibliothek, welcher die praktische Ausführung elektrischer Beleuchtungsanlagen behandelt.)

Mit der Entwicklung eines so kräftigen Lichtes wie das des Voltabogens ist aber auch die Erzeugung einer sehr hohen Temperatur verbunden. Rosetti hat bei Anwendung einer Bunsen'schen Batterie von 160 Elementen und einer Dubosque'schen Lampe die Temperatur zwischen beiden Kohlenspitzen zu 2500 bis 3900° C. gefunden. Hierbei hatte die positive Kohle 2400—3900° C. und die negative 2138—2530° C. Der mit 8—10 Bunsen'schen Elementen in einer Lampe von Reynier erzeugte Bogen erreichte an der positiven Kohle eine Temperatur von 2406—2734° C. Wenn trotzdem als ein Vorzug des elektrischen Lichtes vor den übrigen Beleuchtungsarten auch der angegeben wird, dass die übermässige Erhitzung der Locale vermieden erscheint, so steht dies keineswegs mit den eben gemachten Zahlenangaben im Widerspruche, denn die wärmeausstrahlende

Fläche des elektrischen Lichtes ist im Verhältnisse zu der anderer Lichter so klein, dass die Gesammtwärmemenge der ersteren hinter der der letzteren weit zurückbleibt. Siemens fand, dass ein elektrisches Licht von 4000 Kerzen Helligkeit 142·5 Wärmeeinheiten*) per Minute erzeugt. Will man dieselbe Lichtmenge durch Gasflammen erhalten, so bedarf man 200 Argandbrenner, welche 15.000 Wärmeeinheiten erzeugen. Das elektrische Licht bringt also ungefähr nur 1% der Wärme hervor, welche eine gleich helle Gasbeleuchtung ergeben würde.

Ueber die Natur des Voltabogens erhält man einen wichtigen Fingerzeig, wenn man den Einfluss verschiedener Elektroden untersucht. Man beobachtet dann, dass je leichter flüchtig diese sind, desto leichter auch der Bogen entsteht. Schwer ist er herzustellen zwischen Platinelektroden, weniger schwierig zwischen Elektroden aus leicht flüchtigen Metallen, wie z. B. Zink, am längsten wird er aber bei Anwendung von Kohlen, die mit leichtflüchtigen Salzlösungen getränkt sind. So erhielt Casselmann mit 44 Bunsen'schen Elementen einen 4½ Mm. langen Bogen, wenn er rohe Kohlenspitzen anwandte, erreichte aber die doppelte Länge, wenn die Kohlen mit Kalilauge getränkt waren. Dieses Verhalten des Bogens weist darauf hin, dass man sich das Zustandekommen desselben durch Glühendwerden und Verflüchtigung kleiner Theilchen der Elektroden zu erklären hat. Bei näherer Untersuchung der Kohlen findet man, dass die positive Kohle bedeutend mehr abgenommen als die negative, ja letztere sogar häufig zugenommen

*) Eine Wärme-Einheit ist gleich jener Wärmemenge, welche man braucht, um 1 Kg. Wasser von 0 auf 1 Grad Celsius zu erwärmen.

hat, wenn der Bogen in einer Atmosphäre von Stickstoff sich befand, also keine Kohlentheilchen verbrennen konnten.

Der Voltabogen ist somit ein Strom glühender Elektrodentheilchen, die zumeist in der Richtung von der positiven zur negativen Elektrode gehen.

III.

Die Theilung des elektrischen Lichtes.

Wenn es sich um die Beleuchtung eines gegebenen Raumes handelt, genügt es in der Mehrzahl der Fälle nicht, ein wenn auch noch so intensives Licht aufzustellen, da dieses in seiner unmittelbaren Umgebung zu grell, in weiterer Entfernung aber wegen der im Quadrate mit der Distanz abnehmenden Lichtstärke zu schwach leuchten, den ganzen Raum also höchst ungleichförmig erhellen würde. Hierzu käme noch die Bildung sehr intensiver Schlagschatten. Bei Anwendung mehrerer Lichter für jedes einzelne eine eigene Lichtmaschine aufzustellen, würde aber ausser den Schwierigkeiten der Installation auch die Kosten in einer Weise steigern, die an eine rationelle Anwendung des elektrischen Lichtes gar nicht denken liesse.

Man war daher schon frühzeitig bestrebt, eine Lichtmaschine zur Speisung mehrerer Lampen zu verwenden. Quirini (1855) und Deleul versuchten zunächst

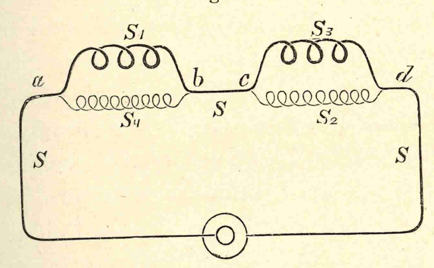
es als wünschenswerth erkennen, die Theilung des Lichtes mit Benützung von Regulatoren anzustreben. Gegenwärtig ist diese Aufgabe dem Wesen nach in zweifacher Art gelöst, nämlich durch bestimmte Constructionen in der Maschine und durch verschiedene Arten der Stromführung oder Verzweigung im äusseren d. h. Lampenkreise; bei letzterer ist die Hintereinanderschaltung und die Parallelschaltung zu unterscheiden. Eine dritte Art der Lichttheilung mit Benützung optischer Hilfsmittel ist in dem Bande der elektrotechnischen Bibliothek beschrieben, welcher die Anlage elektrischer Beleuchtungen behandelt.

Die Lichttheilung durch specielle Construction der Lichtmaschine kann auf zweierlei Art erfolgen: Man ordnet entweder in der Maschine selbst mehrere von einander vollkommen isolirte und unabhängige Stromkreise an, deren jeder seine eigenen Bürsten zur Ableitung des Stromes in den ihm entsprechenden äusseren Stromkreis hat, oder man bedient sich der von Marcel Deprez angegebenen Art der Drahtwicklung in der Maschine. Die erste Methode führt aber zu einem grossen Aufwande von Leitungsmaterial, der besonders dann nöthig wird, wenn die Lampen in einiger Entfernung von der Maschine angebracht sind. In diesem Falle wächst das aufzuwendende Leitungsmaterial ungefähr mit dem Quadrate der Zahl der Lichter, wenn dieselben in getrennten Stromkreisen anstatt als getheilte Lichter in einem Kreise hergestellt werden sollen, und wenn der durch die Leitungswiderstände verursachte Verlust an Betriebskraft der gleiche bleiben soll. Marcel Deprez erreicht die Theilung

des Stromes bei Einschaltung verschiedener Apparate respective Lampen in einem Stromkreise dadurch, dass er die Elektromagnete der Lichtmaschine mit zwei Stromkreisen versieht, in welchen die Stromstärke des einen abhängt von der Stromstärke im Lampenkreise, die des andern aber unveränderlich ist.

Lichttheilung durch Stromverzweigung im Lampenkreise, Hintereinanderschaltung. Die einfachste Art der Stromverzweigung (Fig. 2) ist die, dass

Fig. 2.



der Strom an einer Stelle a sich in zwei oder mehrere Theile s_1 s_4 theilt, die sich an einem zweiten Punkte b wieder zu einem Strome vereinigen. Die Stromstärken in den Zweigen s_1 und s_4 werden sich hierbei umgekehrt verhalten wie die Widerstände dieser Zweige und die Summe der Stromstärken in beiden Zweigen wird gleich sein der Stromstärke im ungetheilten Leiter s. Dasselbe gilt auch für eine zweite Verzweigung bei c und Wiedervereinigung bei d für die Ströme in s_3 und s_2. Schaltet man in diesen Stromkreis Lampen derart ein, dass ihre Kohlen in s_1 respective s_3 kommen, ihr Regulirungsmechanismus aber von s_2 beziehungsweise s_4 in Bewegung gesetzt wird, so ist hiermit die

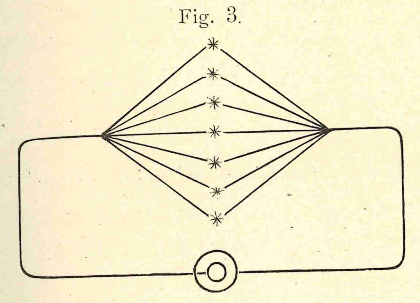
Lichttheilung durch Stromverzweigung gelöst, denn jetzt functionirt das System folgendermassen: Der Strom theilt sich bei *a* in zwei Theile, deren weitaus grösserer durch s_1 geht, weil hier, so lange sich die beiden Kohlen berühren, der Widerstand ein geringer ist, in s_4 aber eine Drahtspirale von hohem Widerstande sich befindet. Nun gehen aber die Kohlen auseinander und es bildet sich der Lichtbogen; dadurch wird der Widerstand in s_1 vergrössert und erreicht durch das fortgesetzte Abbrennen der Kohlen endlich eine Höhe, die jene in der Spirale des Regulirungsmechanismus überragt. Es wird daher jetzt in s_4 der stärkere, in s_1 der schwächere Stromantheil durchfliessen und ersterer Umstand bewirken, dass der Regulirungsmechanismus in Thätigkeit kommt, das heisst es werden die Kohlen wieder einander genähert werden. Wie aus dieser Betrachtung ersichtlich, erfolgt die Regulirung der Lampe innerhalb der Punkte *a* und *b* und die Stromstärken wechseln auch nur in den Zweigen zwischen diesen Punkten. Die Stromstärke in der ungetheilten Leitung bleibt aber unverändert; wenn deshalb zwischen *c* und *d* eine zweite Lampe eingeschaltet wird, ist dieselbe von den Regulirungen und damit verbundenen Stromschwankungen in der ersten Lampe unabhängig.

Parallelschaltung. Diese namentlich bei Glühlichtlampen angewandte Art der Stromtheilung zeigt schematisch Fig. 3. Diese Schaltungsweise unterscheidet sich von der Hintereinanderschaltung im Wesentlichen dadurch, dass bei letzterer der Strom die verschiedenen Zweige stets zeitlich nach einander durchläuft, während bei der Parallelschaltung die einzelnen Zweige gleichzeitig passirt werden. Der Widerstand des glühenden

und leuchtenden Kohlenbügels tritt hier an die Stelle des Widerstandes im Voltabogen.

Die Stromverzweigung sowohl in Form der Hintereinanderschaltung als auch in Form der Parallelschaltung ist immer mit Arbeitsverlust verbunden. Die Summe der Normalkerzen, welche eine gegebene Maschine mit Theilungslichtern erzeugen kann, ist immer kleiner als die Zahl der Normalkerzen des mit derselben Maschine erzeugten Einzellichtes. Ein einfaches Beispiel*) möge

Fig. 3.



dies erläutern. Gesetzt, die Stärke eines Stromes sei S, wenn derselbe ein Einzellicht zu speisen hat, und dieses den Gesammtwiderstand w leistet; da die in der Lampe durch den Strom erzeugte Wärme nach Joule $w\,S^2$ ist und annäherungsweise als Mass der Lichtstärke einer Lampe gelten kann, so ist die letztere proportional $w\,S^2$ zu setzen. Werden aber in denselben Stromkreis n Lampen geschaltet, welche einzeln den Gesammtwiderstand w leisten, so ist nach dem Ohm'schen Gesetze die Stromstärke nur noch $= \frac{S}{n}$, die in einer einzelnen

*) Dr. H. Schellen: Die magnet- und dyn.-elektr. Maschinen. II. Aufl. p. 514.

Lampe gebildete Wärme also $= w\left(\frac{S}{n}\right)^2$ und die in den n Lampen erzeugte Wärme $= n.\,w.\left(\frac{S}{n}\right)^2 = w.\,S^2.\frac{1}{n}$.

Diese Grösse stellt dem Obigen gemäss die Stärke des getheilten Lichtes dar und zeigt also, dass die letztere nur den $n$ten Theil der Stärke des Einzellichtes im vorliegenden Falle beträgt.

Soll die Stärke des getheilten Lichtes gleich der des Einzellichtes werden, so muss man den ursprünglich gegebenen Strom (S) verstärken; bezeichnen wir etwa mit x die hierzu erforderliche höhere Stromstärke, so muss

$$w\,x^2 . \frac{1}{n} = w\,S^2, \text{ also } x = S\sqrt{n}$$

sein; 4, 9, 16 ... Lampen müssen daher durch einen 2, 3, 4 ... mal stärkern Strom gespeist werden, wenn sie zusammen die Lichtstärke des Einzellichtes erreichen sollen.

IV.

Lampen und Beleuchtungskörper.

So mannigfach die Constructionen der jetzt gebräuchlichen Lampen auch sein mögen, so lassen sie sich doch alle in 5 Gruppen unterbringen.*) Die 1. Gruppe umfasst alle jene Lampen, bei welchen im

*) Auf die Erzeugung elektrischen Lichtes durch glühende Gase (in Geissler'schen Röhren) und durch den Inductionsfunken in freier Luft ist bei dieser Eintheilung allerdings keine Rücksicht genommen, da diese Arten der Lichterzeugung, wenigstens gegenwärtig, keine praktische Verwendung finden.

ununterbrochenen Stromkreise ein schlechter Leiter sich bis zum Glühen erhitzt und dadurch Licht aussendet, während bei der 2. Gruppe an der Berührungsstelle zweier Elektroden durch deren unvollkommenen Contact ein grosser Widerstand dem Strome entgegengesetzt wird, welcher eben die Ursache des Glühens und Leuchtens bildet; das Licht setzt sich dabei zusammen aus dem Glühen des Kohlenstückes und aus sehr kleinen Voltabögen, die zwischen den Unebenheiten der sich berührenden Elektroden auftreten. Bei der 3., 4. und 5. Gruppe wird das Licht durch den Voltabogen hervorgebracht; sie unterscheiden sich von einander derart, dass bei den Lampen der 3. Gruppe die Entfernung der Kohlenspitzen während der ganzen Dauer des Voltabogens ununterbrochen durch irgend eine Vorrichtung der jeweiligen Stromstärke entsprechend regulirt wird, während bei der 4. und 5. Gruppe die Entfernung der Kohlenspitzen von einander unverändert bleibt, so lange der Bogen glüht. Die Constanz der Lichtbogenlänge ist, wie sich Uppenborn sehr richtig ausdrückt, durch die geometrische Construction der Lampe bewirkt. Die 4. und 5. Gruppe unterscheiden sich nur durch die Anordnung der Kohlen, indem diese bei der 4. Gruppe parallel neben einander, bei der 5. Gruppe jedoch gegen einander geneigt verwendet werden.

Die fünf Gruppen sind demnach:

1. Glühlicht- oder Incandescenzlampen mit unvollständiger Leitungsfähigkeit: Das Licht kommt durch Glühen eines schlechten Leiters im ununterbrochenen Stromkreise zu Stande.

2. Glühlichtlampen mit unvollständigem Contact: Das Licht entsteht an der Berührungsstelle zweier Leiter.

3. Regulatorlampen: Das Licht wird durch den Voltabogen gebildet und die Entfernung der Kohlenspitzen beständig der Stromstärke entsprechend regulirt.

4. Elektrische Kerzen: Das Licht wird ebenfalls durch den Voltabogen gebildet, aber die Entfernung der Kohlenspitzen von einander während der ganzen Dauer des Brennens nicht geändert; die Kohlen stehen parallel neben einander.

5. Lampen mit gegen einander geneigten Kohlen: Das Licht wird in derselben Art erzeugt und die Lichtbogenlänge in derselben Art constant erhalten wie in der Gruppe 4, aber die Kohlen sind gegen einander geneigt.

1. Glühlichtlampen mit unvollständiger Leitungsfähigkeit.

Die physikalischen Gesetze, welche bei der Construction von Glühlichtlampen befolgt werden müssen, wurden bereits im vorhergehenden Abschnitte behandelt; die Erfindung der Glühlichtlampen muss geraume Zeit zurück datirt werden. In Brüssel machte bereits im Jahre 1838 Jobart*) den Vorschlag, eine kleine Kohle in einem luftleeren Gefässe als Leiter für den Strom zu benützen und diese Vorrichtung dann als Lampe

*) La lumière électrique, Ed. IV. p. 580.

zu gebrauchen. Im Jahre 1841 liess sich F. Moleyns*) in Cheltenham ein Patent auf eine Lampe geben, welche darauf beruhte, dass auf eine glühende Platinspirale feines Kohlenpulver fiel. Jobart's Schüler de Changy**) nahm die Idee seines Lehrers im Jahre 1844 wieder auf und construirte eine Lampe mit einem Stäbchen von Retortenkohle; Starr (Patent King*) benützte 1845 ebenfalls ein glühendes Kohlenstäbchen im Vacuum, Greener und Staite*) construirten 1846 eine der King'schen ähnliche Lampe, Petrie*) schlug 1849 vor, an Stelle des Platins Irridium anzuwenden, und 1858 nahm Changy sein erstes Patent auf eine Glühlichtlampe mit Platindraht und die Theilung des elektrischen Lichtes in der auf Seite 14 dieses Buches beschriebenen Art. Du Moncel**) erhielt bei seinen Versuchen mit dem Rhumkorff'schen Inductionsapparat 1859 die schönsten Glüheffecte mit Kohlenfilamenten aus Kork, Schafleder u. s. w. 1873 wandte Lodyguine* Kohlenstäbe in hermetisch geschlossenen Gefässen an und gab ersteren an der Stelle, wo sie glühen sollten, einen verringerten Querschnitt. Im Jahre 1875 folgte die Lampe von Konn*); auch dieser bediente sich der Kohlenstäbe im Vacuum, konnte aber keine praktisch verwerthbare Lampe erhalten. Ebenso erging es im Jahre 1876 dem russischen Officier Bouliguine*). In den Jahren 1877—1880 erhielten endlich Swan, Maxim, Edison***) und Lane Fox mit Anwendung eines feinen

*) Fontaine, Die elektr. Beleuchtung. Deutsch von J. Ross. II. Aufl. p. 241, 247, 248, 242, 249, 251.

**) Elektrotechnische Zeitschrift, Bd. III. p. 343.

***) La lumière électrique par Alglave et Boulard p. 198.

Kohlenbügels im Vacuum brauchbare Resultate. Gegenwärtig leisten die Glühlichtlampen wirklich das, was vor einigen Jahren die verfrühte Reclame der Amerikaner glauben machen wollte.

Glühlichtlampe von Edison.

Die erste Glühlichtlampe, welche Thomas A. Edison construirte, war eine Lampe mit Platindraht,*) ähnlich der von de Changy erfundenen; darauf untersuchte er eine ausgedehnte Reihe von metallischen und vegetabilischen Stoffen und nahm schliesslich als definitives Material die Bambusfaser an.**) Durch Maschinen wird das Bambus entschält, in Fasern getheilt und diesen die entsprechende Form mit einer bewunderungswürdigen Regelmässigkeit gegeben. Sie sind etwa 1 Mm. breit, 12 Cm. lang und werden in die Gestalt eines U gebracht.

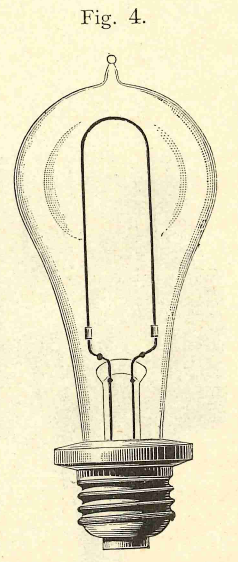
Dann werden diese Bambusbögen in Eisenformen von entsprechender Gestalt sorgfältig eingeschlossen und zu Tausenden in einen Ofen eingesetzt; die Verkohlung ist rasch beendet und wenn man die Formen, nachdem sie erkaltet sind, öffnet, findet man an Stelle der Bambusfasern einen Faden vegetabilischer Kohle von hinreichender Feinheit, Härte und Festigkeit. Der Kohlenbügel wird hierauf an Platindrähten befestigt und diese sorgfältig in ein Glasgefäss von der Form einer Birne eingeschmolzen (Fig. 4). Zum Auspumpen

*) Schellen: Die magnet- und dynamo-elektrischen Maschinen, II. Aufl. p. 477.

**) H. de Parville: L'électricité et ses applications. p. 354. (Ausführliche Schilderung).

der Luft aus der Birne hat Edison anfangs Quecksilberluftpumpen nach Geissler oder Sprengel angewandt; da diese aber in ihrer damaligen Form für ein fabriksmässiges Arbeiten nicht geeignet waren und auch die hierbei sich entwickelnden Quecksilberdämpfe lästig werden, hat sie Edison derart modificirt, dass sie jetzt weit über 500 an der Zahl (im Menlo-Park) regelmässig die Glasgefässe evacuiren. (S. Schluss dieser Lampengruppe.) Während des Auspumpens wird durch die Kohlenbügel ein elektrischer Strom gesandt, der den Zweck hat, durch Erwärmen der Kohlen die von diesen absorbirten Gase auszutreiben, was zur Festigkeit der Kohlenfäden unbedingt erforderlich ist.

Fig. 4.



Der Lampenhals wird durch einen in denselben hineinragenden und mit ihm zusammengeschmolzenen Glasstöpsel gegen das Eindringen von Luft hermetisch abgedichtet, indem letzterer ein Rohr bildet, welches an dem oberen Ende durch einen Glasboden geschlossen, an dem unteren hingegen zu einem Wulst ausgebaucht ist; mit diesem ist die cylindrische Lampenöffnung verschmolzen. Die Einfügung der beiden Metalldrähte in die noch flüssige Glasmasse des Stöpselbodens gehört zu den schwierigsten Theilen der Fabrikation, da es wesentlich darauf ankommt, dass Temperaturveränderungen die Drähte nicht lockern und dadurch zu un-

dichten Stellen Veranlassung geben. Edison benützt deshalb Platin, dessen Ausdehnungscoëfficient dem Glase nahekommt. Damit zu hohe Temperaturen die mit den Platindrähten durch galvanische Verkupferung verbundenen Kohlenfasern an den Verbindungsstellen nicht abschmelzen, werden die Fasern an ihren Enden in solchem Masse verstärkt, dass der Widerstand für den Strom daselbst nur gering ist. Die freien Enden der Platindrähte werden mit den Kupfergarnituren *D* und *E* verbunden, welche durch Gypsfüllung von einander isolirt sind.

Fig. 5.

Die Figuren 5 und 6 veranschaulichen Fassung und Sockel der Lampe in Längs- und Querschnitten, erstere mit Messinggarnituren ausgestattet, von denen *F* das Muttergewinde der an der Lampe angebrachten Schraube, *C* den Boden bildet. Beide sind mit Leitungsdrähten versehen und durch eine Scheibe *L* aus einer isolirenden Masse getrennt, deren Aufgabe, wie die des Holzringes *M*, darin besteht, die benachbarten Metallflächen zu isoliren.

Mit dem Einschrauben der Lampe in die Fassung entsteht zwischen Schraubengewinde *E* und Mutter *F*

sowie den Platten *C* und *D* gleichzeitiger Contact. Innerhalb der zweitheiligen, mit Messingblech bekleideten Holzfassung wird die Leitung durch Berührung zweier auf einander geschraubten Plattenpaare *B*, *I* und *A*, *K* hergestellt. An erstere sind die von den Garnituren *C* und *F* ausgehenden Drähte gelöthet, bei letzteren werden die Leitungsdrähte mit Schrauben gegen die Platten *A* und *K* gepresst. Die Befestigung der Fassungen an Wandarmen und Kronleuchtern, in deren Röhren man die Leitungsdrähte legt, geschieht, wie aus der Fig. 5 ersichtlich, durch Einschrauben des mit einem Gasgewinde versehenen Rohrendes.

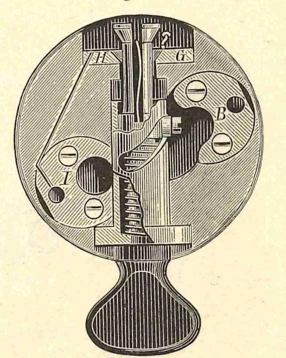
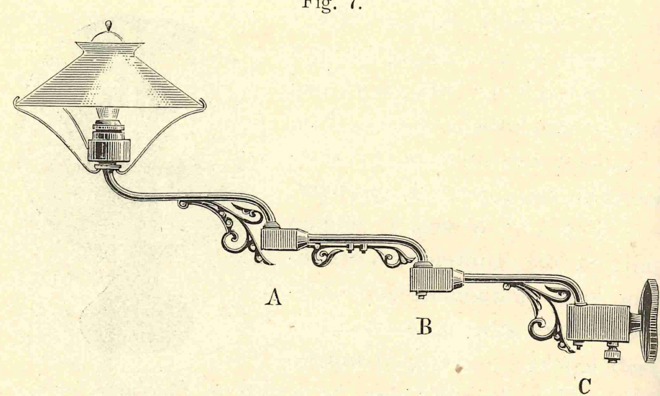


Fig. 6.

Die Fig. 5 und 6 stellen zugleich die sinnreiche Vorrichtung zum Anzünden und Auslöschen der Lampen durch die bei Gasbeleuchtungs - Gegenständen übliche Hahndrehung dar, zu welchem Zwecke der von der Garnitur *F* ausgehende Draht nicht direct zur Platte *I* geführt, sondern in der Mitte unterbrochen wird, so dass eine Hälfte von *F* mit *G*, die andere *H* mit *I* communicirt. Da beide Plattenhälften *G* und *H* von einander isolirt sind, muss beim Anzünden der Lampe ein Contact zwischen ihnen hergestellt werden, der dem Strom den Uebergang gestattet und durch dessen Unterbrechung das Licht wieder erlischt. Um dies zu ermöglichen, sind die Löcher der Platten *G* und *H* innen versenkt, so dass der in der Axe dieser Höhlung be-

wegliche, geschlitzte und in einen Conus endigende Zapfen *A* in der trichterförmigen Oeffnung sich genau anschmiegen kann, in welchem Bestreben er durch die in dem Schlitze angebrachte Druckfeder zur erhöhten Sicherheit des Contactes noch unterstützt wird. Um durch die Drehung des Hahnes nach beiden Richtungen eine axiale Bewegung zu erhalten, ist an dem Zapfen ein Zahn befestigt, dessen Kopf in einer schrauben-

Fig. 7.



artigen Coulisse geführt wird. Es ist aus der Zeichnung leicht ersichtlich, dass durch die Drehung des Hahnes in dem einen oder anderen Sinne der Conus in die Platten *H* und *G* hineingezogen wird und den Strom schliesst oder aus demselben heraustritt und die Leitung unterbricht. Wenn der Conus den Contact zwischen den Platten *G* und *H* hergestellt hat, tritt der Strom (Fig. 5) durch den Zuleitungsdraht in die Scheibe *A*, von dieser durch *B* zur Bodenplatte *C* der Fassung, hierauf durch den Contact mit der Scheibe *D* in die

Lampe, in welcher er nacheinander den von letzterer ausgehenden Platindraht und die Kohlenfaser durchfliesst, um durch den anderen Platindraht zur Garnitur *E* zurückzukehren, deren Schraubengewinde ihm den Wiedereintritt in die Fassung durch die Mutter gestattet. Mittelst des an letztere gelötheten Drahtes gelangt der Strom nunmehr zur Scheibenhälfte *G* und über den Conus zur Hälfte *H*, die er durch den Draht *H I* und die Platte *K* mittelst des Ableitungsdrahtes verlässt.

Nachstehend sind für die bis jetzt eingeführten Lampen die Lichtstärken, Widerstände und die für den Betrieb erforderliche elektromotorische Kraft angegeben.*)

	Leuchtkraft	Widerstand	Elektromotor. Kraft
A Lampe	16 Kerzen	140 Ohm	103 Volt.
detto	32 »	70 »	103 »
B Lampe	8 »	70 »	56 »
detto	10 »	250 »	103 »

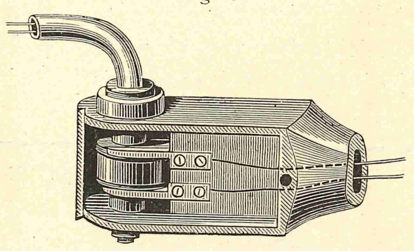
Der in Fig. 7 dargestellte Wandarm hat bei *A*, *B* und *C* Gelenke; Fig. 8 zeigt die innere Einrichtung der Gelenke *A* und *B*. Die Leitungsdrähte dringen auf der rechten Seite in die Kammer ein und sind an zwei von einander isolirten Metallstücken befestigt; diese schleifen auf zwei Metallscheiben, die gleichfalls von einander isolirt, am verticalen Theile des Knierohres aufgesetzt sind und sich mit diesem drehen. Jede der

*) Nach einer von der Edison-Gesellschaft herausgegebenen Brochure.

Scheiben des Cylinders ist mit einem Leitungsdrahte verbunden, der dann in der Röhre fortläuft. Bei *C* befindet sich überdies noch ein Hahn von der bereits beschriebenen Construction.

Ein Stück des Drahtes in der Hahnkapsel ist aus Blei; es hat dies den Zweck, bei etwaigem Anwachsen des Stromes in der Leitung über jene Stärke, welche für die Lampe geeignet ist, diese gegen Beschädigung (Zerstörung des Kohlenbügels) zu schützen. Der Durch-

Fig. 8.

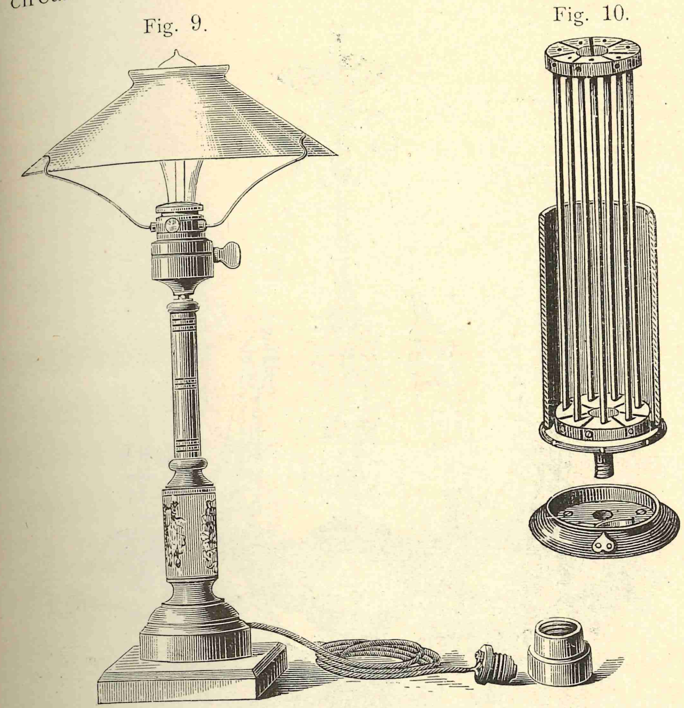


messer des Bleidrahtes ist nämlich so bemessen, dass der Draht sich bis zum Schmelzen erwärmt und auf diese Weise den Strom eben dann unterbricht, wann letzterer eine gefährliche Stärke anzunehmen droht.

Edison ging noch weiter; er construirte auch einen Regulator in der Lampe selbst, welcher erlaubt die Lichtstärke ganz nach Belieben herzustellen. Fig. 9 zeigt eine transportable Lampe und Fig. 10 den Regulator. Dieser ist eine Art Kohlenrheostat, zusammengesetzt aus Kohlenstiften von verschiedenem Durchmesser, also, da die Länge und die Substanz dieselbe ist, von verschiedenem Widerstande. Durch Einschalten des einen oder des anderen Stiftes in den Stromkreis

erhält man die gewünschte Intensität. Um zu grosse Erwärmung zu verhindern, ist der Cylinder, welcher den Apparat einschliesst, mit Oeffnungen für die Luftcirculation versehen. Die Regulirung wird durch Drehen

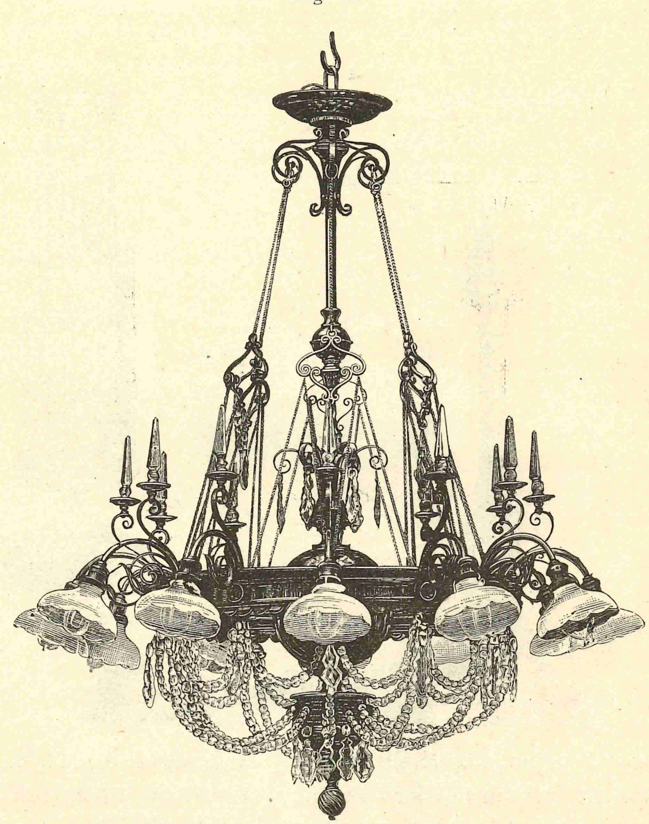
Fig. 9. Fig. 10.



einer Scheibe (unterhalb der Fig. 10 separat gezeichnet) bewirkt, wodurch der Contact mit dem einen oder anderen Kohlenstabe hergestellt wird. Ein Index an der Scheibe und eine Eintheilung am unteren Rande des Cylinders zeigen den Grad der Intensität der Lampe für die Einschaltung jedes Kohlenstabes an.

Fig. 11 zeigt, dass sich Edison's Lampen, wie überhaupt alle Glühlichtlampen, auch in Form eines Lusters

Fig. 11.

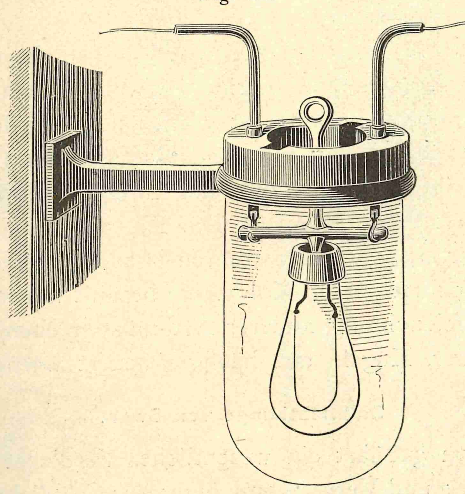


sehr leicht adjustiren lassen, während Fig. 12 das Modell einer Lampe zeigt, wie sie zur Anwendung in den Bergwerken geeignet erscheint. Bei diesem Modelle ist

die Lampe in ein Gefäss eingeschlossen, welches mit Wasser gefüllt wird.

Die Verbindungen der Leitungsdrähte mit der Lampe sind so angeordnet, dass die Berührungspunkte mit Wasser bedeckt sind, daher jede Gefahr einer Entzündung schlagender Wetter durch die Lampe ausgeschlossen erscheint.

Fig. 12.



Allerdings kann aber die zweite Gefahr der schlagenden Wetter, die der Erstickung, hiermit nicht beseitigt werden, ja diese wird im Gegentheile durch Anwendung der beschriebenen oder ähnlicher Lampen erhöht, da derlei Lampen die Bildung schlagender Wetter nicht anzeigen können, wie dies die gewöhnlichen Grubenlampen durch düsteres Brennen thun. Bei der Davy'schen Sicherheitslampe explodirt bekannt-

lich das Gasgemenge, wenn es bereits die richtige Mischung hat, nur innerhalb des Drahtgeflechtes der Lampe, wobei deren Flamme erlischt.

Wie man aus dem Vorhergehenden ersehen kann, ist Edison's Lampe bis in die kleinsten Details durchdacht und ausgebildet, so dass sie mit den Vorzügen der elektrischen Beleuchtung die Bequemlichkeiten der Gasbeleuchtung verbindet, ohne deren Uebelstände und Gefahren zu besitzen.

Was die Dauerhaftigkeit der Lampen, beziehungsweise der Kohlenbügel betrifft, so wird für 800 Brennstunden garantirt. Dann ist die Lampe allerdings unbrauchbar; aber wenn man bedenkt, dass ihr Preis ein sehr niedriger ist, hat dies auf ihre praktische Verwendbarkeit keinen Einfluss. Die Regulatorlampen und noch mehr die Kerzen verzehren ja auch während ihrer Benützung fortwährend Kohle, die bezahlt werden muss, und bei Beleuchtung anderer Art müssen ebenfalls die Glascylinder, Kugeln etc. häufig erneuert werden.

Glühlichtlampe von Swan.

Swan gebührt ein wesentliches Verdienst an der Ausbildung und Vervollkommnung der Glühlichtlampen und der Herstellung derselben in einer Art, die diese Lampen für die ausgedehnteste Verwendung brauchbar machten. Schon lange vor Edison hat sich Swan mit Studien und Experimenten befasst, um ein passendes Verfahren zur Herstellung fester und dauerhafter Kohlenbügel zu finden. Er erkannte, dass die Hauptfehler früherer Versuche darin bestanden, dass sowohl auf ein sorgfältiges Auspumpen der Luft aus dem den Kohlen-

bügel einschliessenden Glassgefässe, als auch auf möglichste Verminderung des Widerstandes an den Stellen, wo der Kohlenfaden an die Zuleitungsdrähte befestigt ist, zu

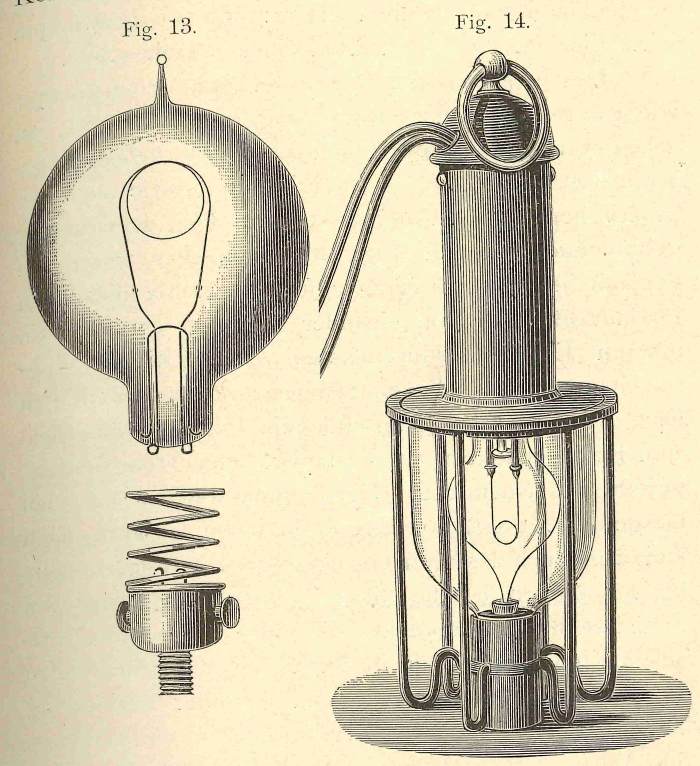


Fig. 13. Fig. 14.

wenig Rücksicht genommen wurde. War letzteres sehr häufig die Ursache, dass nach kurzem Gebrauche sich die Kohle von ihren Trägern trennte, so war das schlechte Auspumpen Ursache der stetigen Abnahme des Kohlenbügels und Niederschlagens von Kohle an

den Glaswänden. Swan fand, dass ein möglichst vollkommenes Entfernen der Luft aus dem Glasgefässe nur dann gelingt, wenn während des Auspumpens der Kohlenbügel zum Glühen erhitzt und so gezwungen wird, die von ihm absorbirten Gase auszuhauchen.

Das ursprüngliche Modell der Swan'schen Lampe, wie es noch bei der Ausstellung in Paris (1881) zu sehen war, hatte eine ziemlich complicirte Befestigungsart des Kohlenbügels und der Drähte, sowie auch unpraktische, äussere Anschlusstheile. Das gegenwärtig gebräuchliche Modell (Fig. 13) ist dagegen wesentlich vereinfacht. Die als Träger für die Kohle dienenden Platindrähte sind von einander isolirt in ein mit dem unteren Ende des Glasgefässes verschmolzenes Glassäulchen mit grosser Sorgfalt eingeschmolzen und endigen nach aussen in zwei Platinschlingen. Der Anschlusstheil, zum Befestigen der Lampe an den Beleuchtungskörper, besteht aus einem Stück Hartgummi, welches unten ein Gasgewinde trägt, so dass es in jeden Gasarm, nach Herausnehmen des Brenners, eingeschraubt werden kann. In der oberen Fläche dieses Ansatzstückes sind zwei Platinhäkchen angebracht, die mit je einer der seitlichen Klemmschrauben, in welche die stromzuleitenden Drähte eingeklemmt werden, in leitender Verbindung stehen. Beim Einhängen der Lampe in die Häkchen des Ansatzstückes sorgt eine Spiralfeder für den guten Contact mit den Platinschlingen.

Der beiläufig 10 Cm. lange, in der Form einer einfachen Schlinge gewundene Kohlenbügel wird aus Baumwollfasern bereitet. Diese werden in Schwefelsäure (zwei Theile auf einen Theil Wasser) getaucht und

einige Zeit darin hängen gelassen. Dadurch erleiden sie jene Veränderung, die auch das Papier bei gleicher Behandlung erfährt, welches auf diese Art bekanntlich in künstliches Pergament verwandelt wird. Der Faden wird also zäh und consistent. Dann setzt man ihn in der Form, welche der Kohlenbügel später haben soll, in einen Schmelztiegel, füllt diesen ganz mit feinem Kohlenstaub und erhitzt das Ganze bei hermetischem Verschlusse des Tiegels längere Zeit bis zur Weissgluth. Die Verbindung der Kohlenenden mit den Platindrähten wird bewerkstelligt, indem man den Kohlenbügel mit den Drähten zusammenlegt und an den Berührungsstellen durch Ueberwinden mit Baumwollfäden befestigt. Letztere machen dann den ganzen eben angegebenen Process der Carbonisirung mit.

Die Firma giebt für die gewöhnlich gebräuchlichen Lampen folgende Zahlen für die elektromotorische Kraft (in Volts), Stromstärke (in Ampères), den Widerstand im kalten und warmen Zustande (in Ohms) und die Leuchtkraft (in Candles) an.*)

Classe	Volts	Ampères	Ohms kalt	Ohms, heiss durch Rechnung	Candles
A_3 . . .	36	1·422	36	25·31	16
A_1 . . .	41	1·28	53	32·03	18
B_1 . . .	46	1·32	54	34·84	20
C	50	1·343	65	37·23	20
D	52	1.235	74	42·1	20
E	54	1·21	82	44·63	20

*) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre IV. p. 408.

Für die Anwendung in Bergbauen hat Swan seine Lampe in der durch Fig. 14 versinnlichten Weise montirt.

Glühlichtlampe von Maxim.

In einer Glasbirne A (Fig. 15) ist der in Gestalt eines **M** geformte Leiter B aus Kohlenstoff eingesetzt. Er wird getragen von den beiden Platindrähten $C\,D$ und $C_1\,D_1$, die bei $D\,D_1$ in das Glas eingeschmolzen sind. Die Glasröhrchen $D\,D_1$ sind conisch, so dass zwischen ihren Innenwänden und den Drähten haarfeine Zwischenräume bleiben. Die Kohle B läuft an ihren unteren Enden in plattenförmige Verbreiterungen aus und die gleiche Form haben die Platindrähte bei $C\,C_1$. Die Befestigungsart der Kohle an den Drähten zeigt Fig. 16, welche eine Seitenansicht darstellt. An den Draht ist ein durchbohrtes Plättchen b mit Gold angelöthet, darauf kommt ein Scheibchen s aus weicher Kohle, dann der Kohlenbügel B, darauf wieder ein Kohlenscheibchen s_1, und zum Abschluss ein durchbohrtes Platinblättchen b_1. Alle diese Theile werden durch die Schraube $o\,t$ zusammengehalten. Die Kohlenscheibchen $s\,s_1$ haben den Zweck, einerseits einen guten Contact herzustellen und andererseits eine feste Verbindung zu ermöglichen. Würde der Kohlenbügel direct an die Platinblättchen angeschraubt werden, so würden diese beiden Bedingungen nicht erfüllt, denn bei festem Anziehen der Schrauben würden die Enden des Kohlenbügels, der ja spröde und hart ist, zerbrechen, und liesse man die Schrauben weniger fest, so wäre der Contact schlecht; der Strom würde dann bei seinem Uebergange aus den Drähten grossen Widerstand finden, an den Be-

rührungsstellen Platin und Kohle glühend machen, ersteres schmelzen, und in kurzer Zeit wäre die Verbindung ganz zerstört. Das weiche Kohlenblättchen

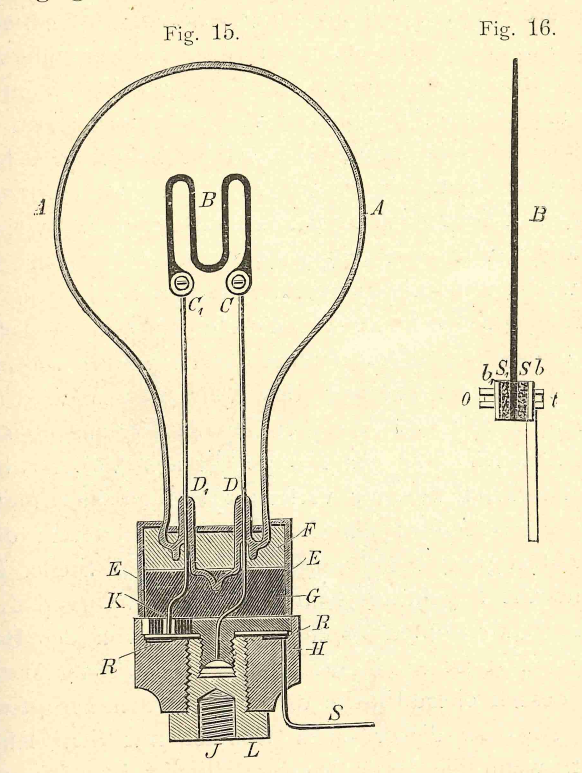


Fig. 15. Fig. 16.

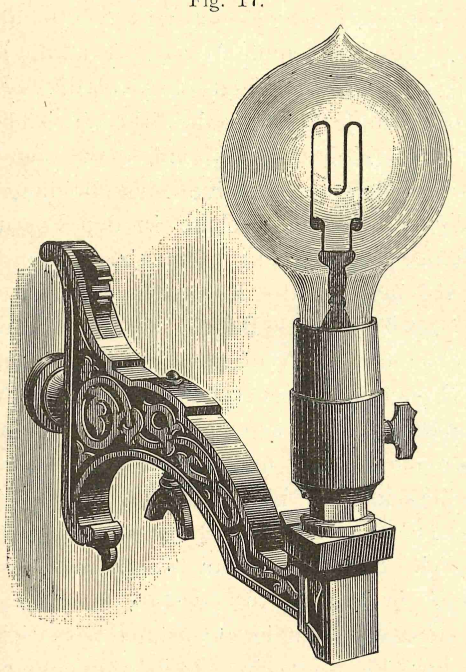
hingegen verhindert einerseits das Brechen des Bügels und vermittelt andererseits dadurch einen guten Contact, dass es die kleinen Zwischenräume zwischen dem Platinscheibchen und der Verbreiterung des Kohlenbügels vollkommen ausfüllt.

Die Glasbirne ist in eine Metallfassung E (Fig. 15) mit Gyps F eingekittet. Dieser zieht sich auch in die capillaren Räume der Röhrchen DD_1 hinein und dient hierdurch zur Vervollkommnung des Lampenverschlusses. Man hat früher lange mit der undichten Einschmelzung der Drähte in das Glas zu kämpfen gehabt, da infolge der ungleichen Ausdehnung von Glas und Platin (bei Temperaturveränderungen) im Glase häufig feine Risse entstanden sind, durch welche dann Luft einströmen konnte. Die Differenz der Ausdehnung ist weniger schädlich, wenn der eingeschmolzene Draht sehr dünn ist, weshalb Maxim auch den starken Platindraht zerfasert, jede Faser einzeln einschmilzt und ausserhalb des Glases alle diese dünnen Fasern wieder vereinigt. Zur weiteren Sicherung des Verschlusses wird die Fassung E mit Schellack oder Copallack G ausgegossen.

Die Basis H der Lampe ist aus Vulcanit oder einem anderen Isolator verfertigt und an einen Metallkern L geschraubt; ein Gewinde J in letzterem dient zur Befestigung der Lampe an beliebiger Stelle. Der Platindraht C geht bis zum Metallkern, während C_1 in einen Metallpfropfen K endet, welcher von der Basis isolirt ist. R ist ein in die Basis H eingefügter Metallring, dessen obere Fläche direct unter dem Pfropfen K liegt, so dass dieser einen Contact mit dem Ringe bildet, wenn die Basis herabgeschraubt ist. Die von C_1 gebildete Leitung wird dann durch den Draht S, der an den Ring R angelöthet ist, nach aussen geführt. C ist durch das Metallstück L mit einer zweiten Leitung, oder wenn die Lampen auf Gasleitungsröhren aufgesetzt werden, mit diesen in leitender Verbindung.

Den Kohlenbügel erzeugt Maxim aus Bristolpapier; aus diesem wird zunächst ein M-förmiges Stück ausgeschnitten, etwas grösser, als später der Kohlenbügel werden soll, und dann schwach verkohlt. Hierauf

Fig. 17.



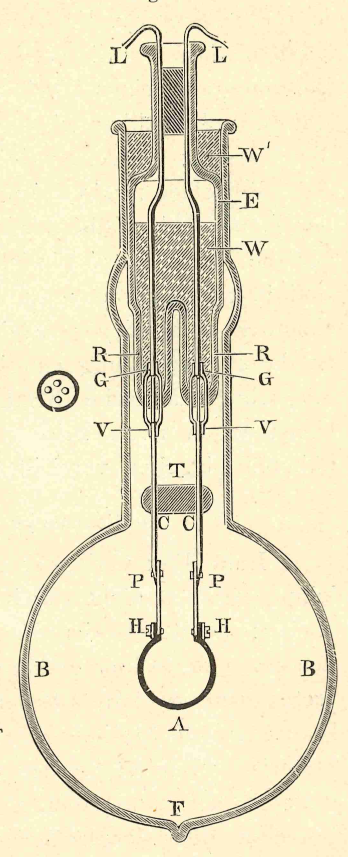
befestigt man diesen schwach verkohlten Bügel an den Platindrähten und setzt ihn in die Glasbirne ein. An letzterer ist ein röhrenförmiger Ansatz (in der Figur nicht gezeichnet), durch welchen die Luft in der Glasbirne mittelst einer Quecksilberluftpumpe entfernt werden kann.

Ist dies geschehen, so lässt man Gasolindämpfe eintreten, pumpt diese wieder aus, bis nur mehr ein Druck von beiläufig 30 Mm. Quecksilbersäule herrscht, und schaltet nun den halbverkohlten Bügel in einen Stromkreis ein. Der elektrische Strom zerlegt das Gasolin und scheidet äusserst fein den Kohlenstoff in den Poren des Kohlenbügels aus. Wichtig ist hierbei ein starkes Glühen des letzteren und die Verdünnung der Gasolindämpfe; ersteres bewirkt ein leichteres Abscheiden des Kohlenstoffes auf dem Bügel, durch letzteres wird die successive Ausscheidung äusserst feiner Kohlentheilchen, welche in den Poren sich ablagern können, ermöglicht. Ohne Verdünnung tritt eine rasche Abscheidung der Kohle ein, die sich dann nur an der Oberfläche des Bügels absetzt. Um Kohlenbügel von gleichem Widerstande, also Lampen von gleicher Leuchtkraft zu erhalten, schliesst Maxim in den Stromkreis der zu erzeugenden Lampe eine Muster- oder Normallampe ein, und lässt dann so lange Kohlenstoff niederschlagen, bis beide Lampen gleich stark leuchten. Dann wird die Glasbirne ausgepumpt, so stark wie möglich, das Ansatzrohr, durch welches sie mit der Pumpe in Verbindung gestanden, abgeschmolzen und für den Gebrauch in der früher beschriebenen Art montirt. Fig. 17 zeigt eine als Wandleuchter montirte Glühlichtlampe.

Der Bügel der Maxim'schen Lampe hat, kalt gemessen, einen Widerstand von 73, warm von 39 Ohms, erfordert eine elektromotorische Kraft von circa 48 Volts, eine Stromstärke von 1·25 Ampères und erreicht dann eine Lichtstärke von 14·6 Normalkerzen. (S. auch S. 51.)

Um beim Schadhaftwerden eines Theiles der Lampe nicht gleich die ganze Lampe wegwerfen zu müssen, hat Maxim in jüngster Zeit dem Glaskörper und der Kohle andere Formen gegeben. Eine derselben ist in Fig. 18 abgebildet. Das Glasgefäss *B*, welches bei *F* mit einem Ansatze zum Auspumpen der Luft versehen ist, wird durch einen in seinen Hals bei *E* eingeschliffenen Glasstöpsel verschlossen. Dieser Glasstöpsel ist hohl und endigt nach unten zu in zwei Röhren *R R*. Von den unteren Enden der Leitungsdrähte *L L* gehen bei *G* feine Platindrähte aus, welche im Boden der Glasröhrchen eingeschmolzen und hinter der Einschmelzungsstelle bei *V V* wieder zu je einem Drahte *C C* vereinigt sind. Der Zweck dieser Anordnung wurde bereits früher angegeben. Um den Leitungsdrähten innerhalb des Glasgefässes eine grössere Stabilität zu geben, ist bei *T* ein Querstück von Glas oder einem anderen Isolator angebracht.

Fig. 18.



Der Kohlenbügel *A* ist bei *H H* an die Platindrähte *P P* in der oben erwähnten Weise befestigt. *W* und *W*[1] sind Schichten von Wachs oder Copalharz zum Zwecke besserer Dichtung. Es ist aus der Zeichnung leicht zu ersehen, dass bei dieser Anordnung der Lampe durch Beschädigung eines Theiles derselben nicht die ganze Lampe unbrauchbar wird, sondern nur der betreffende Theil ersetzt zu werden braucht.

Bei einer zweiten Anordnung wird der Abschluss der Lampe ebenfalls durch einen Glaspfropf bewirkt, der die ganze innere Einrichtung aufnimmt; die Kohlen sind in Form gerader, durch ein Klötzchen oben mit einander verbundener Streifen hergestellt. Auch hier ist die Auswechslung einzelner beschädigter Theile ermöglicht. Praktische Erfahrungen liegen über diese Construction noch keine vor, weshalb auch auf ein näheres Eingehen verzichtet wird.*)

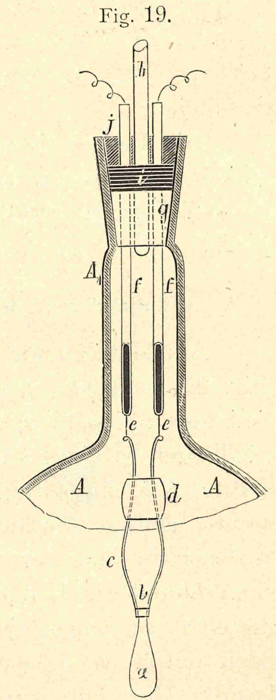
Glühlichtlampe von Lane Fox.

Lane Fox verbindet die Kohlenfaser mit den Zuleitungsdrähten nicht durch Klemmen oder Verlöthen, sondern an den beiden Leitungsdrähten *e*, welche aus den mit Quecksilber gefüllten Röhren *f* (Fig. 19) heraustreten, sind zwei Metallfedern *c* befestigt, deren Federkraft durch die Stellung eines Schiebers *d* aus isolirendem Material verändert werden kann. Zwischen die Enden dieser Federn und einen kleinen Zwischenkörper *b* aus Porzellan oder dergleichen werden nun die Enden der Kohlenfaser gebracht und daselbst durch Verschieben

*) A. Merling, Die elektrische Beleuchtung. Braunschweig 1882, p. 385.

des Schiebers *d* festgehalten. Die Röhren *f* und ein Rohr *h* zum Aussaugen der Luft aus der Glocke *A* gehen durch einen den Glockenhals verschliessenden konischen Kautschukpfropfen *g* hindurch, welcher mit einer Quecksilberschicht *i* bedeckt wird. Um ein Verspritzen des Quecksilbers zu verhüten, wird dasselbe mit einer Schicht *j* von Schiffsleim bedeckt. Die Kohlenenden können auch unmittelbar durch spiralförmiges Umwickeln der Leitungsdrähte mit diesen verbunden werden, und es wird dann die Verbindungsstelle mit chinesischer Tusche überzogen. Zur Herstellung der Kohlenfasern bedient sich Lane Fox eines entsprechend geformten Stückes Kokes, welches an seiner unteren Kante eine Messerklinge enthält. Um dieses Stück Kokes wird Hanffaden gewunden und sodann das Ganze in einen Verkohlungsofen gebracht. Beim Verkohlen ziehen sich die einzelnen Windungen des Hanffadens zusammen und reissen unter der Wirkung der Messerschneide alle an derselben Stelle, so dass man lauter gleiche Fadenstücke bekommt. Das Carbonisiren der Kohlenbügel wird bewirkt durch Einbringen derselben in Benzol- oder andere geeignete Dämpfe, in-

Fig. 19.



dem gleichzeitig die Kohle durch den elektrischen Strom zum Weissglühen erhitzt wird. Die Verstärkung der Enden wird dadurch erreicht, dass man sie mittelst eines Drahtes verbindet (also einen kurzen Schluss herstellt, wodurch der übrige Theil des Bügels ausgeschlossen wird) und dann abermals bei Anwesenheit von Benzoldämpfen einen elektrischen Strom durchleitet.

Die Lampe ist solid gebaut und wird in verschiedenen Grössen ausgeführt; bei einer Leuchtkraft von 8·7 Kerzen erfordert sie 66 Volts und 0·673 Ampères.

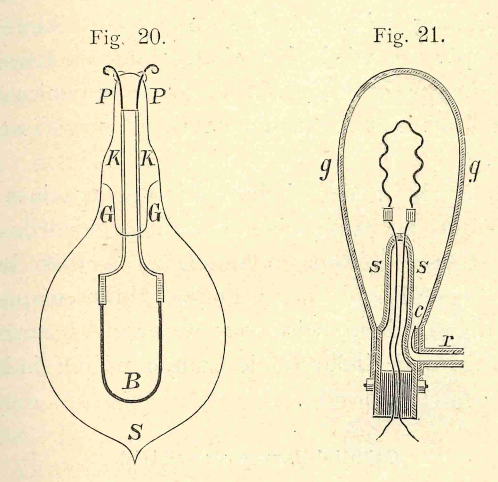
Glühlichtlampe der Gebrüder Siemens & Cie.*)

Als Material für den U-förmigen Kohlenbügel *B* (Fig. 20) benützen diese Papier (?). Die Kohlenenden sind durch eine breiige, theerartige Masse in die Spiralwindungen je eines am Ende flach geklopften Kupferdrahtes *K K* eingekittet. Die anderen Enden der Kupferdrähte sind an Platindrähte *P P* angelöthet und diese in den Hals einer der Edison'schen ähnlichen Glasbirne eingeschmolzen. Um den Kupferdrähten eine grössere Stabilität zu geben, sind sie im Innern des Glasgefässes noch durch einen Glaskörper *G G* in ihrer Lage befestigt. Die Luft wird durch ein an der Spitze *S* angesetztes Glasrohr sorgfältig ausgepumpt.

Die Lampen werden in 4 Sorten gemacht und gelten für dieselben nachstehende Zahlenangaben:

*) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. IV. p. 275.

	Spannung	Stromstärke	Lichtstärke	Effect
				secmkg.
Siemens Lmp. 1	45 Volts	2·3 Amp.	16 N. K.	10·6
» » 2	45 »	2·7 »	20 »	12·4
» » 3	45 »	3·0 »	25 »	13·8
» » 4	45 »	3·3 »	30 »	15·3



Glühlichtlampe von Böhm.

Böhm*) hat bei Construction seiner Lampe ebenso wie Maxim darauf Rücksicht genommen, den Glaskörper zu retten, wenn der Kohlenbügel bricht. Das Glasgefäss *g g* (Fig. 21) endigt in einen weiten Hals, an welchen seitlich eine Röhre *r*, zum Ansetzen an die Luftpumpe, angeschmolzen ist. Der Verschluss des Glasgefässes wird durch einen sorgfältig eingeschliffenen

*) Der Techniker. New-York. IV. p. 21.

Glasstöpsel bewirkt, in dessen röhrenförmige Verlängerung *s s* die zur Stromzuführung bestimmten Platindrähte eingeschmolzen sind; an den nach innen gerichteten Enden der letzteren ist der wellenförmig gebogene Kohlenbügel befestigt. Der geschliffene Stöpsel ist mit einem gebogenen Canal *c* versehen, welcher bei einer bestimmten Stellung des Stöpsels mit der Röhre *r* in Verbindung tritt. Ist das Glasgefäss hinreichend ausgepumpt, so wird der eingeschliffene Glasstöpsel einfach umgedreht und dadurch die Communication der äusseren Luft mit dem Innern des Glasgefässes aufgehoben.

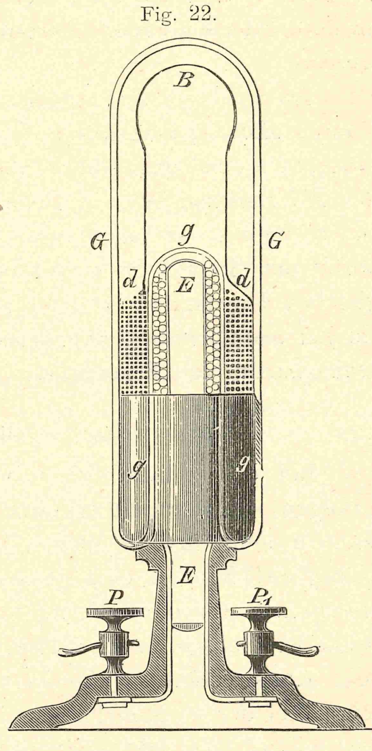
Es ist klar, dass behufs Einsetzung eines neuen Kohlenbügels an Stelle eines schadhaft gewordenen nur der Glasstöpsel herausgenommen zu werden braucht, um den neuen Bügel an den Platindrähten entsprechend zu befestigen; dann wird das Glasgefäss neuerdings ausgepumpt und dadurch die Lampe wieder in brauchbaren Zustand gebracht.

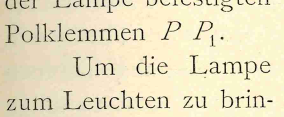
Glühlichtlampe von Diehl.

Ganz abweichend in Bezug auf Construction, wie auch auf den Betrieb von den bisher behandelten Glühlichtlampen ist jene von Diehl construirt. Es wurde bereits weiter oben hervorgehoben, dass eine Hauptschwierigkeit bei Herstellung der in Rede stehenden Lampen die sei, die Stromzuleitungsdrähte luftdicht in das Glasgefäss einzuschmelzen. Diehl umging diese Schwierigkeit dadurch, dass er überhaupt gar keine Drähte durch die Glaswand hindurchführt. Das Glasgefäss seiner Lampe besteht aus zwei in einander ge-

steckten oben geschlossenen Glasröhren *g g* und *G G* deren untere freie Enden mit einander verschmolzen, werden, so dass der Längsschnitt des Gefässes ungefähr ein ∩ bildet. Der innere Glascylinder ist an seiner Aussenseite von einer grossen Anzahl Drahtwindungen *d d* umgeben, die von einander isolirt sind und an ihren freien Enden den Kohlenbügel *B* tragen. In den inneren Hohlraum der inneren Röhre wird ein mit wenigen Windungen eines starken Drahtes versehener Eisenstab *E* hineingeschoben. Die Enden dieses Drahtes führen zu den am Gestelle der Lampe befestigten Polklemmen *P* P_1.

Fig. 22.





Um die Lampe zum Leuchten zu bringen, werden die Polklemmen $P P_1$ mit den Leitungsdrähten einer Wechselstrom-Maschine in Verbindung gesetzt. Der durch die Windungen dicken Drahtes kreisende Strom erzeugt durch seine fortwährend wechselnde Richtung in den dünnen im Innern der Lampe befindlichen

Drahtwindungen *d d* Inductionsströme, und diese bringen den Kohlenbügel zum Glühen und Leuchten. Wollte man zum Betriebe dieser Lampe gleichgerichtete Ströme verwenden, so müsste auf dem Stromwege zur Lampe ein automatisch wirkender Stromunterbrecher angebracht werden.

Die Entstehung undichter Stellen ist bei dieser Lampe allerdings vermieden, aber es darf nicht vergessen werden, dass durch die indirecte Anwendung der Maschinenströme, in Form der durch diese inducirten Ströme, ein Kraftverlust herbeigeführt wird, wodurch der Betrieb einer derartigen Lampe unter sonst gleichen Umständen theuerer zu stehen kommen muss, als bei allen jenen Glühlichtlampen, welche den Maschinenstrom direct benützen.

Anderweitige Glühlichtlampen.

Bei den unbestreitbar bedeutenden praktischen Erfolgen, welche die Glühlichtlampen von Edison, Swan u. s. w. in den letzten Jahren erzielt haben, ist es begreiflich, dass eine grosse Anzahl von Constructeuren nunmehr dieser Lampengattung ihre Thätigkeit zuwandte. So sind in der That in jüngster Zeit wieder neue Constructionen aufgetaucht und zum Theil auch schon bei der in München im Jahre 1882 abgehaltenen Ausstellung für Elektricität in Betrieb gesetzt zu sehen gewesen.

Hierher zählen z. B. die Glühlichtlampen von Greiner & Friedrichs. Der Patentanmeldung zufolge besteht der Kohlenbügel dieser Lampen aus Theer; Uppenborn hat sie mehrfach geprüft und bei der letzten

Sendung gefunden, dass der Stromverbrauch ungefähr 60 Volts bei 1·1 Ampères beträgt; sie hätten demnach einen geringen Stromverbrauch. Eine andere Sorte mit geringerem Widerstande ist für Schulzwecke bestimmt und giebt mit 8 Bunsen'schen Elementen gutes Licht; der Stromverbrauch ist hierbei natürlich ein grösserer.

Es wären noch zu nennen die Lampen von Müller,*) Cruto, Puluj,*) die neue Lampe mit Platindraht von Edison**) u. a., auf die hier einzugehen jedoch zu weit führen würde.

Vergleichung der Glühlichtlampen mit unvollständiger Leitungsfähigkeit.

Die praktischen Erfolge der Glühlichtlampen haben aber nicht nur die Aufmerksamkeit und das Streben der Erfinder auf sich gelenkt, sondern auch viele Fachmänner veranlasst, vergleichende Messungen der einzelnen Glühlichtlampen unter einander und mit dem Bogenlichte, wie auch mit der Gasbeleuchtung auszuführen. Von den bereits vorliegenden Resultaten dieser Arbeiten mögen hier einige Erwähnung finden.

So wurde von dem Experimentalcomité der internationalen Ausstellung für Elektricität in Paris (G. F. Barker, W. Crookes, A. Kundt, E. Hagenbach und E. Mascart) ein ausführlicher Bericht über die Glühlichtlampen von Edison, Swan, Maxim und Lane Fox veröffentlicht. Die Zahlenwerthe, die sich

*) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. IV. p. 275, 289.

**) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. Bd. IV. p. 127.

dabei ergaben, sind in der Tabelle Seite 53 zusammengestellt.*)

Das Comité fasste die Resultate seiner Arbeiten in folgende Punkte zusammen:

1. Die Maximal-Leistungsfähigkeit der Glühlichter kann unter gegenwärtigen Verhältnissen 300 Normalkerzen pro Pferdekraft nicht übersteigen.

2. Die vortheilhafteste Lichterzeugung ergiebt sich bei starkem Glühen der Lampen.

3. Lampen von hohem inneren Widerstande zeigen mehr Oekonomie in der Lichterzeugung, als Lampen von geringem Widerstande, was bei vortheilhafter Stromerzeugung zunimmt.

4. Die Prüfung des relativen Lichteffectes dieser vier Lampenarten bezüglich der von einer Pferdekraft des Stromkreises erzeugten Lichtstärke ergiebt folgendes Resultat (als Einheit sei hier eine Normalflamme von 7·4 Walrathkerzen angenommen):

	Edison	Swan	Lane Fox	Maxim
A. 16 Kerzen Lichtstärke .	26·5	24·0	23·5	20·4
B. 32 Kerzen Lichtstärke .	41·5	37·4	35·5	32·4

Um bei diesen Lampen die doppelte Lichtstärke zu erhalten, musste die elektromotorische Energie bei Maxim- und Lane Fox-Lampen um 26%, bei Edison-

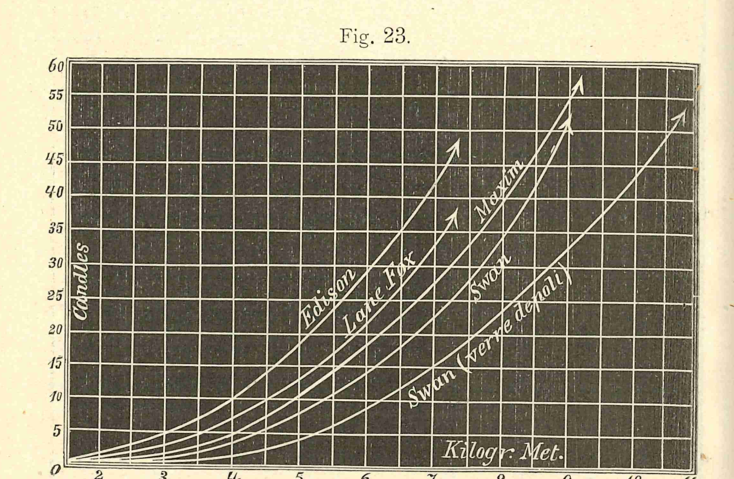
*) Uppenborn, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. Bd. IV. p. 447.

	Lampen à 16 Kerzen Lichtstärke				Lampen à 32 Kerzen Lichtstärke			
	Edison	Swan	Lane Fox	Maxim	Edison	Swan	Lane Fox	Maxim
Kerzenstärke . .	15.38	16.61	16·36	15·96	31·11	32·21	32·71	31·93
Ohms	137·4	32·78	27·40	41·11	130·03	31·75	26·59	39·60
Volts	89·11	47·30	43·63	56·49	98·39	54·21	48·22	62·27
Ampères . . .	0·651	1·471	1·593	1·380	0·7585	1·758	1·815	1·578
Volt-Ampères . .	57·98	69·24	69·53	78·05	74·62	94·88	87·65	98·41
Kgmtr.	5·911	7·059	7·089	7·939	7·604	9·67	8·936	10·03
Lampe pro *HP* .	12 73	10·71	10·61	9·48	9·88	7·90	8·47	7·50
Kerzen pro *HP* .	196·4	177·92	173·85	151·27	307·25	262·49	276·89	239·41

Lampen um 28% und bei Swan-Lampen um 37% erhöht werden.

Andrew Jamieson hat ebenfalls die Resultate seiner Untersuchungen in einer ausführlichen Abhandlung veröffentlicht.*) Dieser ist nachstehende graphische Darstellung der Verhältnisse zwischen Leuchtkraft und Energieaufwand entnommen.

Fig. 23.



Nach diesem Diagramme liefert für einen absorbirten Effect von 65 secmkg. die Lampe von

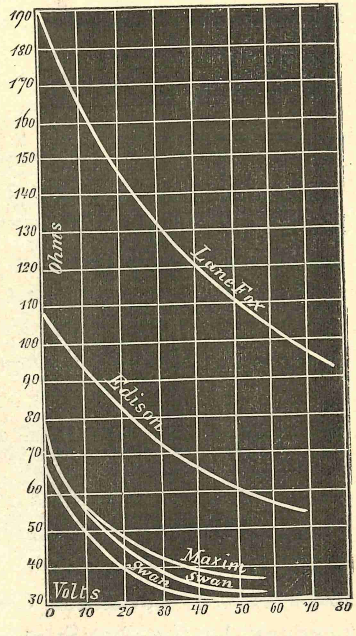
Edison	37	Normalkerzen
Lane Fox	27	»
Maxim	22	»
Swan	14	»
Swan (matte Kugel) .	8	»

*) L'électricien. T. III. p. 125.

Wenn auch diese Zahlen nicht die absolut richtigen Werthe angeben, so dienen sie doch recht gut als Verhältnisszahlen.

Das Diagramm Fig. 24 zeigt die Abnahme des Widerstandes mit der Vermehrung der elektromotorischen Kraft; es lässt erkennen, dass unter normalen Verhältnissen der Widerstand, kalt gemessen, doppelt so gross ist, als bei glühendem Kohlenbügel.

Fig. 24.

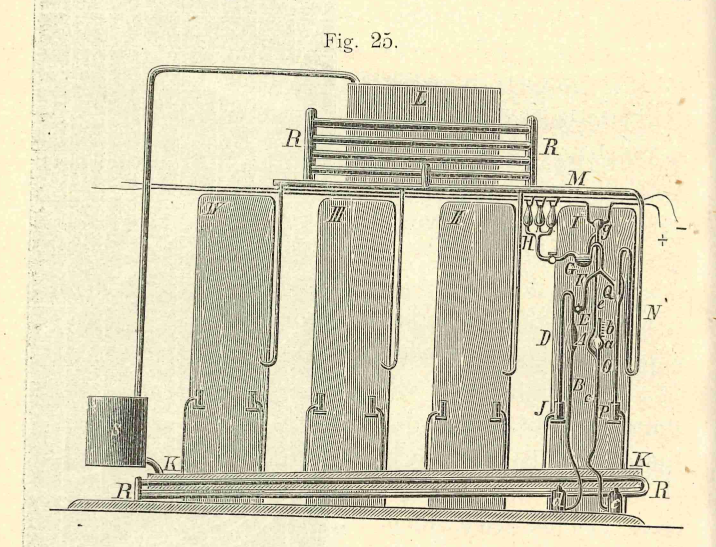


Die Herstellung der Luftleere in den Glühlichtlampen.

Wie bei der Beschreibung der verschiedenen Glühlichtlampen wiederholt betont wurde, ist die möglichst vollständige Entfernung der Luft, respective des Sauerstoffes, aus dem Glasgefässe, welches den Kohlenbügel umschliesst, eine unerlässliche Bedingung, wenn die Kohle beim Gebrauche der Lampe nicht in kürzester Zeit zerstört werden soll. Um eine so hohe Verdünnung der Luft, ein sogenanntes Vacuum, herzustellen, reichen die zu anderen Zwecken häufig angewandten Luftpumpen nicht aus. Diese gestatten selbst bei vorzüglicher Construction doch nur eine Verdünnung

der Luft bis zu einem Drucke von 2 oder 1·5 Mm. Quecksilbersäule zu erreichen. Man musste sich daher zur Anwendung der Quecksilberluftpumpen entschliessen. Man hat deren von zweierlei Construction; die eine beruht auf Anwendung der Barometerleere, die andere auf der saugenden Wirkung eines durch eine Röhre herabfallenden Quecksilberstrahles. Erstere ist in der

Fig. 25.



von Geissler gewählten Construction vielfach in Anwendung, letzterer hat Sprengel eine brauchbare Form gegeben. Edison wendet zum Auspumpen seiner Glühlichtlampen eine Combination beider Pumpen an, wie sie in Fig. 25 dargestellt ist.

Auf dem verticalen Holzbrette *I* stellt das linksseitige Röhren- und Gefäss-System die Geissler'sche, das rechtsseitige die Sprengel'sche Luftpumpe und das

mittlere eine Messvorrichtung dar. Betrachten wir zunächst die Geissler'sche Luftpumpe. Die Hauptbestandtheile derselben sind das Glasgefäss *A*, in welchem das Vacuum erzeugt wird, die unten an dieses angeschmolzene Glasröhre *B* mit ihrer Fortsetzung in Form eines Kautschukrohres, welches in die Flasche *C* mündet, die Ueberfallsröhre *D*, angeschmolzen am oberen Theile des Gefässes *A*, der Glas- oder Stahlhahn *E*, die Verbindungsröhre *F* mit dem Trockengefässe *G*, und endlich die von hier ausgehende, mit einem Hahne versehene Röhre, an deren gabelförmige Ausläufer die auszupumpenden Glühlichtlampen *H* angeschmolzen sind. Der Hahn *E* dient dazu, die Verbindung des Gefässes *A* mit den zu evacuirenden Glühlichtlampen herzustellen oder zu unterbrechen. Die Röhren *B* und *D* sind über 760 Mm. (die mittlere Barometerhöhe) lang. Hebt man nun bei geschlossenem Hahne *E* die mit Quecksilber gefüllte Flasche *C*, so fliesst das Quecksilber aus dieser in die Röhre *B*, füllt dann das Glasgefäss *A* und läuft endlich durch das Ueberfallsrohr *D* in das Gefäss *J*, von wo aus es in die Sammelröhre *K* abfliesst. Durch diese Operation wurde aus den Röhren *B* und *D*, sowie auch aus dem Gefässe *A* alle Luft ausgetrieben. Nun senkt man wieder die Flasche *C*, das Quecksilber wird nun in der Röhre *B* und dem daran angeschmolzenen Glasgefässe *A* so lange sinken, bis die Entfernung des Quecksilberniveaus in der Flasche *C* von der oberen Kuppe des Quecksilbers in der Röhre *B* dem jeweiligen Barometerstande entspricht; in der Röhre *D* wird das Quecksilber so hoch steigen, dass der Abstand vom Quecksilberspiegel im Gefässe *J* bis zur oberen Kuppe

des Quecksilbers in der Röhre *D* gleich dem Barometerstande ist. Wie früher erwähnt, ist die Röhre *B* etwas länger als die Höhe des mittleren Barometerstandes, folglich liegt das Gefäss *A* oberhalb dieser Höhe und ist daher quecksilberfrei und luftleer. Wird nun der Hahn *E* geöffnet, so tritt die Luft aus der Röhre *F*, dem Trockengefässe *G* und den Lampen *H* in das Glasgefäss *A* über, und in allen diesen Räumen zusammen herrscht ein bedeutend verminderter Luftdruck. Jetzt wird durch Drehung des Hahnes *E* die Verbindung zwischen den Lampen *H* und dem Gefässe *A* neuerdings unterbrochen, und dann die Flasche *C* abermals gehoben. Das hierdurch in das Gefäss *A* tretende Quecksilber drängt nun die aus den Lampen in das Gefäss *A* übergeströmte Luft durch die Röhre *D* hinaus, und wenn man, sobald das Quecksilber durch die Ueberfallsröhre abzufliessen beginnt, die Flasche neuerdings senkt, stellt sich wieder in *A* ein Vacuum her. Beim hierauf folgenden Oeffnen des Hahnes *E* tritt wie früher ein Theil der Luft aus den Lampen in das Gefäss *A* über, und der Luftdruck in den Lampen wird noch weiter erniedrigt. Diese Operationen werden so oft wiederholt, bis die Verdünnung der Luft den erforderlichen Grad erreicht hat.

Die auf der rechten Seite des Brettes *I* angebrachte, nach Sprengel's Princip construirte Pumpe, wirkt folgendermassen: Aus dem Reservoir *L* fliesst das Quecksilber durch die Röhre *M* und das zweimal gebogene Rohr *N* in die Fallröhre *O* ab, gelangt dann in das Gefäss *P* und von hier in die Sammelröhre *K*. Hierbei reisst der Quecksilberstrahl die Luft aus dem

Gefässe *Q* mit, wodurch hier eine Luftverdünnung entsteht. Infolge dessen strömt durch die aus der Zeichnung ersichtlichen Verbindungsröhren die Luft aus den Lampen in das Gefäss *Q* über und wird durch das in die Fallröhre herabfallende Quecksilber mitgerissen. Somit wird auch durch diese Einrichtung die Luft in den Lampen fortwährend verdünnt.

Wie aus der Zeichnung ersichtlich, sind beide Pumpen durch ein gemeinschaftliches Röhrensystem mit den Lampen verbunden. Es wirken daher auch beide Pumpen zur Verdünnung der Luft in den Lampen mit. Die Sprengel'sche Luftpumpe kann aber erst dann ihre Thätigkeit aufnehmen, wenn der Ueberdruck der äusseren Luft plus dem Drucke des Quecksilbers, vom Niveau im Reservoir *L* bis zur oberen Krümmung der Röhre *N* gemessen, grösser ist, als der Druck der Luft innerhalb der Lampen und der damit verbundenen Glastheile plus dem Drucke der Quecksilbersäule in dem vertical aufwärts steigenden Theile der Glasröhre *N*.

Das im mittleren Theile des Brettes *I* angebrachte Röhren- und Gefäss System stellt die von Mac Leod angegebene Vorrichtung zum Messen des Luftdruckes innerhalb der Pumpen, das Quecksilbermanometer dar. Dasselbe besteht aus einer Glaskugel *a*, welche oben ein an der Spitze zugeschmolzenes Glasrohr *b*, an der unteren Seite das Rohr *c* trägt, welches in eine mit der Flasche *d* verbundene Kautschukröhre ausgeht. Gleich unterhalb der Kugel *a* zweigt sich von der Röhre *c* eine nach aufwärts gehende, durch das Trockengefäss mit den Pumpen und Lampen in Verbindung

stehende Röhre *e* ab. Die Röhre *c*, von der Abzweigungsstelle der Röhre *e* nach unten zu gemessen, hat gleichfalls eine Länge nahezu entsprechend dem mittleren Barometerstande. Wird nun die Luft in den Pumpen und den mit diesen in Verbindung stehenden Räumen verdünnt, so presst der auf den Quecksilberspiegel in der Flasche *d* wirkende äussere Luftdruck das Quecksilber in die Röhre *c* hinauf, und durch die Höhe dieser Quecksilbersäule kann der jeweilig in den Lampen herrschende Luftdruck gemessen werden. Ist die Luft aus den Lampen nahezu, etwa bis zu einem Drucke von 1 Mm. Quecksilbersäule, ausgepumpt, so steht das Quecksilber in der Röhre *e* nahe der Abzweigungsstelle des Rohres *c*. Eine weitere Abnahme des Druckes in der angegebenen Weise zu messen, wird nun unmöglich, einmal weil die Oberfläche der Quecksilbersäule keine ebene, sondern eine gekrümmte ist, und ferner, weil man Bruchtheile von Millimetern auf diese Art nicht bestimmen kann. Um unter diesen Umständen zu messen, hebt man das Gefäss *d*, wodurch man das Quecksilber veranlasst in die Kugel *a* einerseits und das Rohr *e* andererseits zu steigen. Sobald aber das Quecksilber die Abzweigungsstelle der oberen Röhre (unterhalb der Kugel) passirt hat, sperrt es die Communication zwischen der Luft in der Glaskugel *a* und den Pumpen ab. Das Quecksilber presst daher die Luft, welche noch in der Glaskugel und dem darauf geschmolzenen Glasröhrchen war, in ein sehr kleines Volumen der letzteren zusammen, während die Luft aus der Röhre *e* in die übrigen Theile der Pumpen zurückweichen kann; hier findet sie einen verhältniss-

mässig so grossen Raum, dass die hierdurch bewirkte Verdichtung der Luft absolut unmessbar ist. Anders verhält es sich aber bei der Kugel *a*; hier wird aus dem verhältnissmässig grossen Raum der Kugel die Luft in den sehr kleinen Raum eines Theiles der Röhre *b* zusammengedrückt, folglich muss der Druck in diesem Raume bedeutend zunehmen. Dies zeigt sich auch in der That dadurch, dass das Quecksilber in der Röhre *e* bedeutend höher steigt als in dem Röhrchen *b*. Ist nun das Volumen der Kugel sammt dem des Röhrchens bekannt, und ebenso das Volumen, auf welches die Luft im Röhrchen zusammengedrückt wurde, so kann man durch Messung der Quecksilbersäule in der Röhre *e* (vom Niveau des Quecksilbers in dem Röhrchen *b* an gerechnet) den Luftdruck in den Pumpen erfahren, denn man hat, wenn V das Volumen der Kugel, v das des Röhrchens, x der unbekannte Druck und p die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre *e* bedeutet, als Bedingung für das Gleichgewicht die Gleichung

$$(V + v)\ x = v\ (p + x) \text{ und daraus}$$

$$x = \frac{v}{V} p.$$

Das Verhältniss $\frac{v}{V}$ ist natürlich im Vorhinein bestimmt worden, so dass man, um den jeweiligen Luftdruck in den Pumpen zu erfahren, nur die Höhe der Quecksilbersäule in der Röhre *e* zu messen braucht. Da $\frac{v}{V}$ ein echter Bruch ist, z. B. $^1/_{50}$, $^1/_{100}$ u. s. w., so ergiebt sich, dass die gemessene Quecksilbersäule das

10fache, 100fache u. s. w. des wirklichen Druckes anzeigt, dass also auf diese Art Bruchtheile eines Millimeters leicht und genau gemessen werden können.

Mit dem eben erklärten Quecksilbermanometer ist noch eine weitere Einrichtung verbunden, um dem Arbeiter den Zeitpunkt anzuzeigen, in welchem die Verdünnung der Luft in den Lampen hinreichend weit fortgeschritten ist. Das Manometer endet nämlich oben in eine kleine Glaskugel *g*, in welche zwei einander gegenüberstehende Platindrähte eingeschmolzen sind. Der Zwischenraum zwischen beiden in der Glaskugel *g* befindlichen Enden der Platindrähte bildet eine Unterbrechungsstelle in dem Stromkreise (+ —) einer Elektricitätsquelle; in denselben Stromkreis sind auch die zu evacuirenden Lampen geschaltet. Die Länge der Röhre *e* ist nun so gewählt, dass das Quecksilber eben bei jener Verdünnung der Luft in den Lampen die Platindrähte erreicht, welche man zu erhalten wünscht. Dann stellt das Quecksilber die Verbindung zwischen beiden Drahtenden her, schliesst den Stromkreis und bringt die Kohlenbügel in den Lampen zum Glühen. Der Arbeiter ersieht daraus, wann er die Lampen durch Abschmelzen der Röhrchen in der Ansatzgabel von der Pumpe abnehmen kann.

Da es sich bei der Herstellung der Lampen um sehr hohe Verdünnungen handelt, muss auch sehr sorgfältig darauf gesehen werden, dass das Quecksilber vollkommen trocken bleibt und keine Gase absorbirt. Die Feuchtigkeit wird daher durch die im Gefässe *G* befindliche wasserfreie Phosphorsäure, welche bekanntlich ausserordentlich begierig Wasser anzieht, entfernt und

überdies das Quecksilber durch ein System von Röhren *R*, in welchen Wasserdampf circulirt, erwärmt.

Das Auspumpen der Lampen mit diesen Pumpen durch Handarbeit würde aber zu langsam vor sich gehen. Edison wendet daher maschinelle Vorrichtungen an, um das Quecksilber zu heben und den Pumpen zuzuführen. Es werden ganze Batterien solcher Pumpen (siehe I, II, III, IV Fig. 25) aufgestellt, welchen das Quecksilber aus einem Reservoir *L* zugeführt wird. Das von allen Quecksilber-Luftpumpen abfliessende Quecksilber wird in einer Rinne *K K* gesammelt und dann aus dem Gefässe *S* durch eine Druckpumpe wieder in das Reservoir *L* zurückbefördert.

Ludwig Böhm von der »American Electric Light Co«, dessen Glühlichtlampe wir weiter oben kennen gelernt haben, bedient sich zum Evacuiren der Lampen gleichfalls einer ähnlichen Combination von Quecksilber-Luftpumpen.*)

2. Glühlichtlampen mit unvollkommenem Contacte.

Die Glühlichtlampen mit unvollkommenem Contacte oder die Halbincandescenz-Lampen sind eine Erfindung der jüngsten Zeit. Varley ist nach Fontaine der erste, welcher eine derartige Lampe erfand. Er beschrieb sie in einem Patente auf eine elektrische Maschine, welches er im Jahre 1876 nahm. Die im Jahre 1878 von Reynier, Marcus und Werdermann erdachten Lampen waren jedoch die ersten, welche regelmässig functionirten.

---

*) Der Techniker, New-York, Jahrgang IV. p. 21.

Bei diesen Lampen entsteht das Licht an der Berührungstelle zweier Elektroden in freier Luft. Werdermann hat durch zahlreiche Versuche festgestellt, dass, wenn man den Querschnitt der positiven Kohle verkleinert und den der negativen gleichzeitig vergrössert, letztere immer schwächer glüht, während erstere zu immer stärkerer Gluth gelangt. Durch die Ungleichheit der Querschnitte wird der Widerstand, welchen der Strom an der Berührungsstelle beider Kohlen findet, vergrössert und daher nimmt auch die Erhitzung zu. Bei einem beiläufigen Verhältnisse von 1 : 64 des Querschnittes der positiven zum Querschnitte der negativen Kohle, erhitzt sich diese fast gar nicht, erleidet daher auch keine Abnahme, während die positive Kohle unter Entwicklung eines schönen ruhigen Lichtes stetig abbrennt.

Glühlichtlampen von Reynier.

Das Princip dieser Lampen charakterisirt du Moncel in einer Mittheilung an die Pariser Akademie mit folgenden Worten:

»Wenn ein dünnes Kohlenstäbchen, auf welches seitlich ein elastischer Contact drückt, und welches in der Richtung seiner Axe gegen einen festen Contact gedrückt wird, zwischen diesen beiden Contacten von einem genügend kräftigen elektrischen Strom durchflossen wird, so kommt diese Partie zum Weissglühen und verbrennt, während sich das Ende zuspitzt. Im Masse, wie die Abnützung des Endes stattfindet, wird durch den ständig darauf wirkenden Druck das Kohlenstäbchen weiter vorgeschoben, indem es durch den elastischen Contact gleitet und dabei immer auf dem fixen Contact aufruht. Die infolge des Durchganges des Stromes im Kohlenstäbchen hervorgerufene Wärme wird durch die gleichzeitige Verbrennung des Kohlenstoffes wesentlich erhöht.«

Die praktische Ausführung bestand anfangs darin, dass Reynier einen dünnen Kohlenstab senkrecht auf ein Kohlenklötzchen stellte und ersteres mit einem seitlichen Contacte versah. Das Stäbchen bildete bei dieser Anordnung den positiven, das Klötzchen den negativen Pol. Diese Lampe wurde aber bald aufgegeben, da sich beim Brennen derselben der Uebelstand herausstellte, dass die Unreinigkeiten (mineralische Bestandtheile) des Kohlenstäbchens sich als Asche auf dem Klötzchen ansammelten und dann den guten Contact beeinträchtigten. Reynier setzte daher an Stelle des Kohlenklötzchens eine drehbare Kohlenscheibe und liess den dünnen Kohlenstab seitlich von der Umdrehungsaxe der Scheibe auf diese auftreffen. Der seitliche Druck, welchen in solcher Art der Kohlenstab im Vereine mit seinem Träger auf den Umfang der Kohlenscheibe ausübt, versetzt letztere in eine langsame Umdrehung und bringt in dieser Weise immer neue Stellen der Scheibe mit dem Stabe zum Contact.

Die Construction dieser Lampe ist in Fig. 26 dargestellt. Eine Messingstange S als Träger des positiven Kohlenstabes K kann zwischen Gleitrollen in der Messingsäule M herabsinken. Die negative Kohle ist die kreisförmige Kohlenscheibe K_1, deren Axe sich in einer auf der Säule isolirt befestigten Gabel G drehen kann; diese ruht (mit ihrem Ende bei G) auf einem

Hebel, welcher auf die Messingstange drückt, um als Bremse ein zu rasches Nachsinken der positiven Kohle zu verhindern. Die Führung des Kohlenstabes K wird durch eine Kupferrolle r besorgt, welche an einem Winkelarme drehbar ist; die Stromzuleitung erfolgt durch einen am selben Arme befestigten Kohlenklotz a, der durch seine eigene Schwere immer mit der Elektrode in leitender Berührung erhalten wird. Der Strom tritt bei der Klemme P_1 ein, geht durch die Masse der Lampe und den Kohlenklotz in den positiven Kohlenstab, dann in die negative Kohlenscheibe, durch deren von der Lampe isolirten Träger und die Drahtleitung zur Klemme P.

Fig. 26.

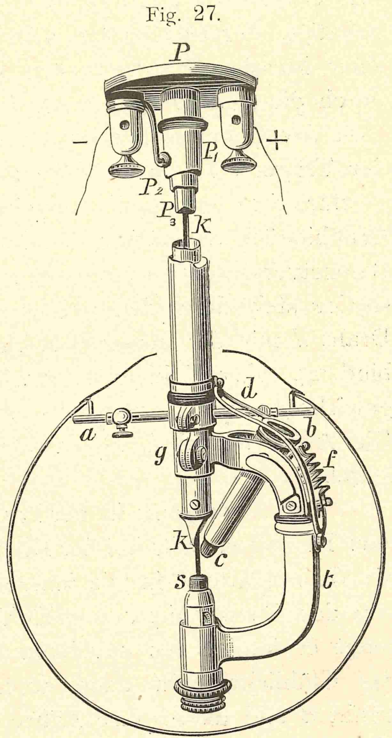
Die Kohlenstäbe haben einen Durchmesser von 2 Mm., eine Länge von 0·3 M. und dauern 2 Stunden. Die Lichtstärke variirt nach der Anzahl der Lampen, die in den Stromkreis einer Maschine eingeschaltet werden. So ergab sich dieselbe zu 13 Carcelbrennern, als 6 Lampen in den Stromkreis einer Gramme'schen Maschine eingeschaltet wurden, welche 920 Touren per Minute machte.

Die gesammte Lichtintensität betrug also 78 Carcelbrenner, während beispielsweise ein Serrin'scher Re-

gulator unter denselben Umständen 320 Carcelbrenner Lichtstärke ergab.

Die Glühlichtlampe von Marcus in Wien hat im Wesentlichen dieselbe Construction und unterscheidet sich von der eben besprochenen hauptsächlich dadurch, dass sie an Stelle der Kohlenscheibe einen Cylinder, dessen Axe und Lager mit einem Schraubengewinde versehen sind, besitzt; dadurch wird mit der Umdrehung des Cylinders gleichzeitig eine seitliche Verschiebung in der Richtung der Rotationsaxe verbunden, was bei langem Brennen der Lampe vortheilhaft erscheint.

Fig. 27.



Das gegenwärtig gebräuchliche Modell der Lampe von Reynier ist in Fig. 27 abgebildet. Auf einer Metallplatte P sind zwei ineinander gesteckte Röhren befestigt, von welchen die eine p_1 von der Grundplatte (durch den schwarzen Ring) isolirt ist, während die andere, innere Röhre p_2 mit der Grundplatte und durch

diese mit der positiven Polklemme + in leitender Verbindung steht. Die äussere Röhre p_1 ist mit der isolirten Polklemme — durch einen Draht verbunden. Beide Röhren sind von einander isolirt. Die Gabel *g*, welche den Contactstift *c* trägt, ist an der inneren Röhre p_2 befestigt; der Contactstift selbst besteht aus einem in einer Messingröhre gefassten Graphitstück und wird durch die Feder *f* gegen den Kohlenstab *k* angedrückt. Von der Gabel isolirt ist am unteren Ende derselben der Träger *t* für den — Pol angebracht, der, wie der Contactstift *c*, gleichfalls aus einem in Messing gefassten Graphitstück *s* besteht. Die Messingfassung ist durch Bajonetverschluss an den Träger *t* befestigt. Das Graphitstück *s* steht durch den Träger *t* und den gabelförmigen Draht *d* mit der äusseren Röhre p_1 in leitender Verbindung. Der Kohlenstab *k* wird durch das Cylindergewicht p_3 stets gegen das Graphitstück *s* angedrückt. Die Arme *a* und *b* dienen als Träger für die Glaskugel.

Der Stromgang in der Lampe ist hiernach folgender: Der Strom tritt bei der Klemme + ein, geht durch die Grundplatte *P* in die innere Röhre p_2, durch diese und den Contactstift *c* zum Kohlenstäbchen *k*; hier erzeugt er infolge des unvollkommenen Contactes mit *s* das Glühlicht, geht dann durch den Träger *t*, den Draht *d* und die äussere Röhre p_1 zur negativen Polklemme —.

Der Durchmesser der gegenwärtig in Gebrauch stehenden Kohlenstäbe beträgt 2·5 Mm. bei 1 Mtr. Länge; die Brenndauer ist ungefähr 6 Stunden. Die Länge des glühenden Theiles kann von 4—8 Mm.

variirt werden, und das erzeugte Licht entspricht 5 bis 20 Carcelbrennern. Mit 8 grossplattigen Elementen nach Bunsen erzeugt man ein Licht von beiläufig 12 Carcelbrennern. Wird die Lampe mit Strömen einer elektrischen Maschine betrieben, so giebt sie 30—40 Carcelbrenner per Pferdekraft. Das Einsetzen eines neuen Kohlenstabes erfolgt einfach in der Weise, dass der Bajonetverschluss des negativen Kohlenträgers gelöst wird, worauf durch die nun leere Röhrenfassung der Stab von unten eingeschoben werden kann. Die Einschaltung mehrerer derartiger Lampen in einen Stromkreis ist ohne Schwierigkeit ausführbar. (Siehe Capitel: Specielle Leitungen und Schaltungsweisen im Bande über praktische Ausführung elektrischer Beleuchtungs-Anlagen.)

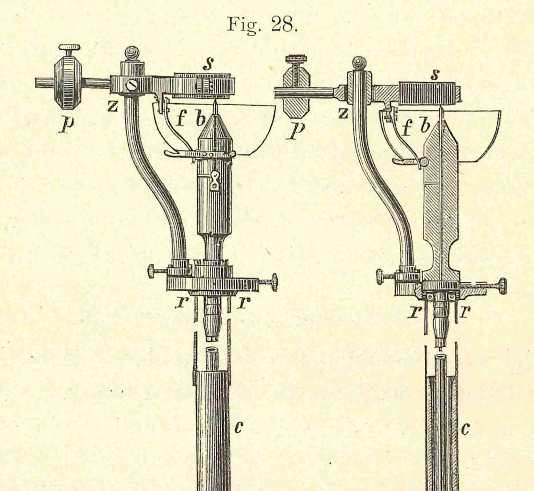
Glühlichtlampe von Werdermann.

Diese unterscheidet sich von der vorigen hauptsächlich durch die Umkehr der Anordnung. Werdermann giebt oben die negative und unten die positive Kohle. Fig. 28.

Der positive Kohlenstab ist an Schnüren aufgehängt, die bei *r* über Rollen laufen und als Gegengewicht den Cylinder *c* tragen; durch das Gewicht des Cylinders *c* wird der Stab gegen die negative Kohlenscheibe *s* gedrückt und auf diese Weise der Contact hergestellt. Die Kohlenscheibe *s* ist an einen horizontalen um den Zapfen *z* drehbaren Arm befestigt, und dieser trägt an seinem zweiten Ende ein verstellbares Gegengewicht *p*. Um den Contact unabhängig vom Brennen der Lampe stets gut zu erhalten, ist an dem horizontalen Arme eine Feder *f* angebracht, die auf die be-

wegliche Backe *b* drückt. Die Wirkung dieser Einrichtung ist folgende: Ist der Kohlenstift stark an die Scheibe angedrückt, so übt auch die Feder *f* auf die Backe *b* einen starken Druck, klemmt den Kohlenstab ein und verhindert so ein weiteres Nachschieben desselben; ist durch das Abbrennen des Stabes der Con-

Fig. 28.



tact ein loser geworden, so nimmt auch der Druck der mit der Feder verbundenen Backe ab und gestattet dem Kohlenstäbchen nachzurücken. Es wird dadurch ein zu starker Druck des Stäbchens gegen die Kohlenscheibe, der leicht ein Abbrechen des Stäbchens bewirken kann und die Lampe unruhig brennen liesse, vermieden.

Mehrere dieser Lampen können auch in einen Stromkreis hintereinander eingeschaltet werden, da in

dem Falle, als eine Lampe erlöschen sollte, also kein Contact zwischen Stäbchen und Scheibe mehr stattfindet, sich der horizontale Arm senkt und durch Bildung eines metallischen Contactes die eine Lampe aus dem gemeinsamen Stromkreise ausschaltet. Dadurch ist aber ein gleichzeitiges Verlöschen aller übrigen Lampen hintangehalten.

Die Anwendung der oben geschilderten beweglichen Backe, die als eine Art Bremse wirkt, hat aber den Nachtheil, dass sie einer raschen Abnützung unterliegt und dann für den Uebergang des Stromes aus den Backen in die Kohle schlechten Contact giebt, indem die oberen Ränder der Bremse sich ausweiten und daher die beiden Backen in Berührung kommen, ohne mit der Kohle einen sicheren Contact zu bilden. Die Lampe wird dann unregelmässig brennen oder ihren Dienst ganz versagen. Die Abnützung selbst wird einerseits durch die beständige Bewegung der einen Backe und die damit verbundene Reibung, andererseits durch die fortwährend starke Erhitzung bewirkt.

Um diese Uebelstände zu beseitigen hat Napoli verschiedene Verbesserungen erdacht.*) Eine derselben besteht darin, dass die beiden Backen durch Metallstäbchen ersetzt werden, die beiläufig denselben Querschnitt haben wie das Kohlenstäbchen. Bei dieser Anordnung kommen die beiden Theile der Bremse nie in directen Contact, welcher Art auch immer ihre Abnützung sein mag.

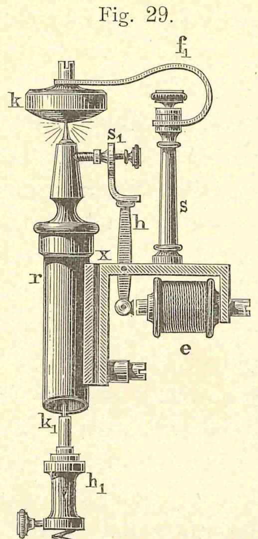
---

*) E. Hospitalier, Les principales applications de l'électricité. 2. éd. p. 173.

Glühlichtlampe von Lescuyer.

Hier begegnen wir einer der vorbeschriebenen ganz ähnlich construirten Lampe. Auch hier stösst ein dünner Kohlenstab k_1 (Fig. 29) gegen eine Kohlenplatte k von grossem Querschnitte. Letztere ist in einen Kupferring gefasst, und dieser wird durch den Bügel f_1 und das Säulchen s getragen. Das Säulchen steht auf einem Winkeleisen, welches auf die Röhre r isolirt aufgesetzt ist. Das Nachschieben des positiven in der Röhre r befindlichen Kohlenstabes bewirkt Lescuyer durch die Spiralfeder f, durch comprimirte Luft oder, wenn die Kohlenscheibe sich unter dem Kohlenstabe befinden soll, durch das eigene Gewicht des Stabes. Das obere Ende der Röhre r ist derart verengt, dass der Kohlenstab nur knapp durchgehen kann. Unter dem Säulchen s ist ein Elektromagnet e angebracht, der durch Anziehen seines Ankers den Hebel h um x dreht und dadurch den an dessen oberem Ende befestigten Contactstift s_1 gegen den Kohlenstab andrückt; eine Schraube gestattet diesen Contactstift entsprechend einzustellen.

Fig. 29.



Der Strom tritt bei der Klemme am Fusse h_1 der Lampe ein, geht durch den Kohlenstab in die Kohlenscheibe, von dieser durch den Arm f_1 und das Säulchen s in den Elektromagnet e, und verlässt durch

die von der Lampe isolirte zweite Klemme die Lampe. So lange das Stäbchen gegen die Scheibe drückt, ist der Elektromagnet stark genug, um den Contactstift so stark gegen das Kohlenstäbchen anzupressen, dass dieses nicht aufwärts geschoben werden kann. Brennt die Spitze des Stäbchens ab, so wird der Widerstand im Stromkreise erhöht, der Magnet verliert daher an Kraft, der Druck des Contactstiftes auf die positive Kohle lässt nach und die Feder f kann den Nachschub bewerkstelligen. Beide Kohlen gelangen wieder zur Berührung, wodurch der anfängliche Zustand der Lampe wieder hergestellt ist.

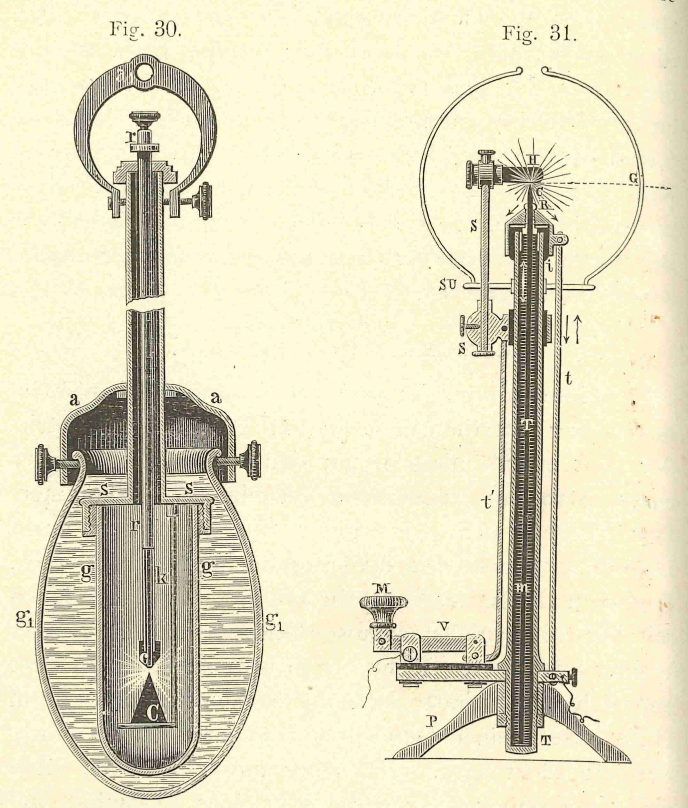
Glühlichtlampe von Brougham.

Diese Lampe ist frei von jedem Mechanismus; besonderer Werth wurde darauf gelegt, den Zutritt der Luft auszuschliessen, um dadurch die Brenndauer eines Stäbchens bedeutend erhöht zu bekommen. Der Glascylinder $g\ g$ (Figur 30) ist durch einen Deckel $s\ s$ nach Art der Stopfbüchsen verschlossen. Auf dem Deckel ist ein Rohr aufgesetzt, welches innen mit isolirender Substanz ausgekleidet ist und ein zweites bedeutend engeres Rohr $r\ r$ in sich schliesst. In dem engen Rohre befindet sich der Kohlenstab k, der mit Hilfe eines kleinen Gewichtes durch die Platinklemme c herabgedrückt wird. Gegenüber dieser Klemme steht ein Kupferstück C in der Form einer Pyramide, auf deren Spitze der Kohlenstab auftrifft. Die Kupferpyramide ist durch eine Stange an dem Deckel $s\ s$ befestigt.

Nach Einführen des Kohlenstabes in die Röhre $r\ r$ wird diese oben luftdicht verschlossen und die ganze

Lampe in das mit Wasser gefüllte Gefäss g_1 g_1 eingesetzt. Der Deckel *a a* dient dazu, um die Verdunstung des Wassers hintanzuhalten, und ist sammt

Fig. 30. Fig. 31.



dem Gefäss g_1 g_1 an einem Ansatz der weiten Röhre befestigt.

Der Strom tritt am oberen Ende der Röhre *r r* ein, durchläuft diese und den Kohlenstab, gelangt dann

in die Kupferpyramide und verlässt durch deren Träger und das äussere Rohr die Lampe. Der Kohlenstab brennt zunächst wie bei den anderen Glühlichtlampen ab und sinkt im selben Masse nach; sobald aber der Sauerstoff der im Gefässe *g g* enthaltenen Luft aufgebraucht ist, was beiläufig nach einer Stunde eintreten soll, schreitet der Verbrauch des Kohlenstäbchens sehr langsam fort (circa 3 Mm. per Stunde). Die Brenndauer wird in dieser Art aussergewöhnlich verlängert.

Bei Anwendung einer kleineren Gramme'schen dynamoelektrischen Maschine sollen 36 in einen Kreis geschaltete Lampen eine Lichtstärke von je 35 Normalkerzen erzeugt haben.

Glühlichtlampe von Ducretet.

Diese Lampe ist mehr zur Anwendung in Laboratorien und physikalischen Cabinetten geeignet als zu industrieller Verwendung; sie zeichnet sich übrigens durch Einfachheit der Construction aus. Der Kohlenstab *T* befindet sich in einer mit Quecksilber nahezu vollgefüllten Röhre (Fig. 31) und wird durch den Auftrieb, den er im Quecksilber erleidet, stets gegen die Kohlenscheibe *H* gedrückt. Diese ist durch eine Schraube verstellbar an dem Träger *S* angebracht, welcher an der Röhre isolirt befestigt ist. Das obere Ende der Röhre ist durch eine isolirt aufgesetzte Metallkapsel geschlossen, deren Oeffnung der Dicke des Kohlenstabes entsprechend eingestellt werden kann. Diese Kapsel steht durch den Leitungsdraht *t* mit einer am Fusse der Lampe angebrachten Klemme in leitender Verbindung. Die zweite Polklemme der Lampe ist als

an seinem oberen Ende mit einem Ansatz A versehen ist, auf dem die beiden Röllchen R drehbar befestigt sind. Ueber das Kupferrohr ist ein Cylinder E aus weichem Eisen geschoben. Das eine Ende der Drahtwindungen D, welche diesen umgeben, ist mit der Klemme P^1, das andere mit dem Eisencylinder E verbunden. Am oberen Ende trägt letzterer eine gleichfalls aus Eisen verfertigte Gabel G, in welcher sich der ebenfalls eiserne Hebel H drehen kann. Dieser Hebel ist an seinem unteren Ende rechtwinkelig umgebogen und bildet den Anker zum Elektromagnete E. Da aber die Gabel G gleichfalls aus weichem Eisen hergestellt ist, bildet sie mit dem Hebel eine nach abwärts geschlagene Verlängerung des Elektromagnetes; es muss also das untere, rechtwinkelig abgebogene Stück des Hebels immer dieselbe Polarität zeigen, wie das obere Ende des Elektromagnetes, daher also die entgegengesetzte wie das untere gegenüber stehende Ende des Elektromagnetes. Durch diese Anordnung wird natürlich die Anziehung zwischen Anker und Elektromagnet verstärkt. Das obere Ende des Ankers oder Hebels trägt ein Winkelstück, auf welchem das Röllchen R^1 leicht beweglich angebracht ist, und gleichzeitig auch die Kohlenscheibe S. Die Feder F dient zur Regulirung der Hebelstellung.

So lange kein Strom durch die Lampe geht, hält die Scheibe S durch ihr Uebergewicht den Hebel vom Elektromagnete entfernt; diese Stellung wird überdies noch durch die Feder F unterstützt. Gleichzeitig ist auch das Röllchen R^1 von den Röllchen R entfernt, und der Kohlenstab kann bis zur Berührung der Kohlenscheibe hinaufsteigen. Wird aber die Lampe von einem

Strome durchlaufen, so zieht D den Anker H an, und dieser klemmt den Kohlenstab durch Andrücken des Röllchens R^1, während S noch ein klein wenig zurückweicht. Hiermit ist ein doppelter Zweck verbunden, es wird ein zu kräftiges Andrücken des Kohlenstabes an die Scheibe vermieden, was leicht das Abbrechen der glühenden Spitze und somit ein unruhiges Licht zur Folge haben kann, und da die Bremsung etwas früher eintritt, als Kohlenstab und Scheibe zur Berührung kommen, ist hierdurch Gelegenheit zur Bildung eines sehr kleinen Voltabogens gegeben.

Der Strom gelangt durch die Klemme P in die Kupferröhre, von dieser durch die Contactröllchen in den Kohlenstab, geht über die Kohlenscheibe S und die Gabel G in den Eisencylinder E, durchläuft die Drahtwindungen D und verlässt die Lampe bei der Polklemme P^1. Der Kohlenstab bleibt so lange durch die Röllchen am Aufwärtsgehen gehindert, bis durch Abbrennen der Kohlenspitze der Widerstand im Stromkreise so sehr gewachsen ist, und der Strom in D so stark abgenommen hat, dass der Anker H durch die Feder F vom Elektromagnete abgezogen wird, und durch die gleichzeitige Entfernung des Röllchens R^1 von den beiden Röllchen R der Kohlenstab wieder aufwärts gehen kann.

Um eine noch empfindlichere Regulirung zu erreichen, wird die Eisenröhre überdies mit mehreren Lagen feinen Drahtes versehen, die in einen Nebenschluss derart geschaltet werden, dass sie beim Durchgange eines Stromes in der Eisenröhre die entgegengesetzten Magnetpole erzeugen, wie der directe Draht.

Wächst der Widerstand im Hauptstromkreise bis zu einem gewissen Grade, so schwächt der Nebenschluss den Hauptstrom, der Magnet verliert seine Kraft und der Anker wird durch die Feder abgezogen.

Ist der Kohlenstab ganz verbrannt, so legt sich der Hebel *H* mit seinem unteren rechtwinkelig abgebogenen Ende gegen einen Platincontact, welcher mit der Klemme P^{11} verbunden ist und dadurch die Einschaltung einer Ersatzlampe oder auch eines entsprechenden Widerstandes bewirkt. Es wird dies in folgender Weise erreicht: So lange noch ein Kohlenstab in der Lampe ist, kann das untere Ende des Hebels *H* den Platincontact nicht berühren, weil das Röllchen R^1 gegen den Kohlenstab stösst, bevor noch die in Rede stehende Berührung erfolgen kann. Ist aber die Kohle ausgebrannt, so kommt der anfangs erwähnte Messingstift des Schwimmers zwischen die drei Röllchen; dieser ist aber an seinem oberen Ende dünner als der Kohlenstab und gestattet deshalb ein näheres Aneinandertreten der Röllchen, somit auch die Bewegung des unteren Endes von *H* bis zur Berührung mit dem Platincontacte.

Glühlichtlampe von Joël.

Die in Fig. 33 schematisch gezeichnete Lampe besitzt einen aus zwei von einander elektrisch isolirten Theilen I und II gebildeten Kupfermantel, dessen einer Theil II mit Hilfe des Zahnes *G* und des Hakens *T* mit dem Theile I in leitende Verbindung gesetzt werden kann. Das untere Ende des Theiles I trägt durch Vermittlung der Röhre *NN* zwei um *J* drehbare Kluppen

von der Form zweiarmiger Hebel. Innerhalb des Rohres *NN* befindet sich, ohne ersteres zu berühren, die

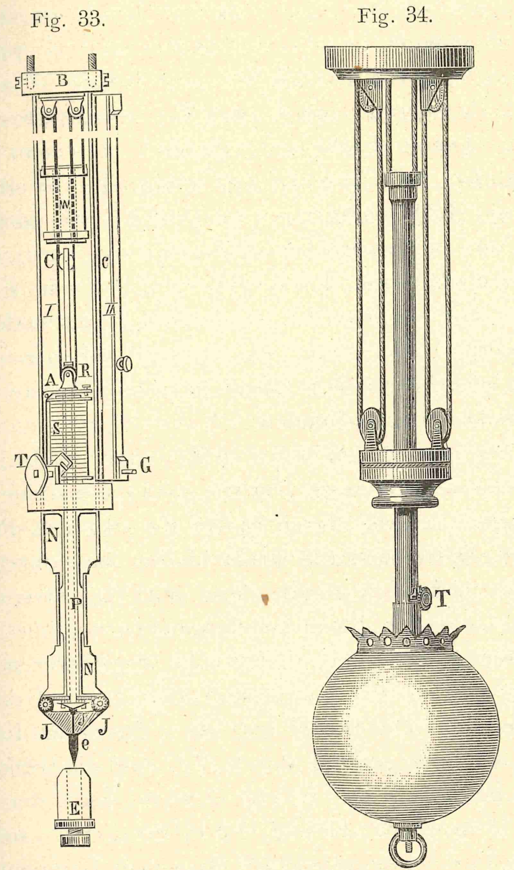


Fig. 33. Fig. 34.

Röhre *P*, welche oben zwei Rollen *R* und *C*, unten aber einen vorspringenden Rand trägt. Ueber die Rollen *R* und *C* und über die bei *B* angebrachten Rollen läuft

eine Schnur, welche mit Hilfe des Gegengewichtes *w* die Röhre *P* in der Balance erhält. Der untere Rand der Röhre stösst mittelst zweier feiner, verstellbarer Schrauben gegen die oberen Hebelarme der Kluppen *J J*. Unterhalb der Rolle *R* ist die Röhre *P* an dem um *A* drehbaren Anker des Elektromagnetes *S* befestigt. Dieser Elektromagnet liegt in einem Nebenumschlusse zur Hauptleitung. Innerhalb der Röhre *P* kann der Kohlenträger, so lange die Kohle nicht bei *e* durch die beiden Backen *J J* gehindert wird, frei bis zur Berührung mit der negativen Elektrode *E* hinabgleiten. Die negative Elektrode besteht entweder ganz aus Kupfer oder trägt einen Graphiteinsatz und ist durch einen seitlichen Arm mit dem Theile II des Lampenkörpers verbunden.

Die Lampe functionirt in folgender Weise: Bevor ein Strom in die Lampe eintritt, wird die positive Kohle so eingesetzt, dass deren Spitze die negative Platte *E* berührt. Das Gewicht *w* strebt hierbei die Röhre *P* nach oben zu ziehen, wodurch diese mittelst ihres unteren Randes und der kleinen Schräubchen auf die oberen Hebelarme der Backen *J J* drückt, daher deren untere Hebelenden an den Kohlenstab anpresst und den Contact herstellt. Der Strom tritt dann durch den Lampentheil I ein und gelangt durch *N N* und die Backen *J J* in die positive Kohle *e*; von hier aus setzt der Strom seinen Weg durch die negative Platte und den seitlichen (in der Figur weggelassenen) Arm zum Lampentheil II fort und geht zur Stromquelle zurück. Wenn nun der Kohlenstift abbrennt, so wird der Widerstand in dem eben angegebenen Stromkreise grösser und es geht ein

immer grösserer Antheil durch den in der Zweigleitung liegenden Elektromagnet *S*, dieser zieht endlich seinen Anker an und senkt somit das Rohr *P*. Damit ist aber auch der Druck gegen die oberen Hebelarme der Backen *J J* aufgehoben, die unteren Arme gehen auseinander und der Kohlenstift kann wieder bis zur Berührung mit der Platte *E* nachsinken. Dies bewirkt dann eine Verminderung des Widerstandes im Lampenstromkreise und daher eine Verminderung des Stromes im Elektromagnet; dieser lässt seinen Anker los, und infolge dessen legen sich die Backen abermals an den Kohlenstab, womit der anfängliche Zustand der Lampe wieder hergestellt erscheint.

Ist der Kohlenstab verzehrt, so tritt der Kohlenhälter zum Theile aus der Röhre heraus und bewirkt durch Drehung eines Hebels in einfachster Art einen kurzen Schluss, wodurch die Lampe aus dem Stromkreis ausgeschaltet wird. Soll ein neuer Kohlenstab eingesetzt werden, ohne die übrigen im selben Stromkreise brennenden Lampen zu stören, so wird die Lampe ebenfalls kurz geschlossen und zwar durch die vorhin erwähnte Einrichtung des Zapfens *G* am Lampentheile II und des Hakens *T* am Theile I.

Die Brenndauer der Lampe beträgt je nach der Länge des Kohlenstiftes 7—14 Stunden. Professor Adams hat mit der Joël'schen Lampe eine Leuchtkraft von 715 Kerzen per Pferdekraft erreicht. Die äussere Form, welche der Lampe zu deren praktischer Verwendung gegeben wird, zeigt Fig. 34.

3. Regulatorlampen.

Als Davy zuerst den Lichtbogen erzeugte, bediente er sich hierzu zweier Stäbchen aus Holzkohle. Diese brachten jedoch den Uebelstand mit sich, dass äusserst schnell nach Entstehen des Bogens die Kohlen so weit verbrannt und daher der Abstand ihrer Spitzen so weit vergrössert war, dass der Voltabogen den Zwischenraum nicht mehr überspannen konnte und daher erlosch, wenn man nicht durch stetes Nachschieben der Kohlen mit der Hand für die Erhaltung einer nicht zu grossen Entfernung ununterbrochen Sorge trug. Diesen Uebelstand hat Leon Foucault im Jahre 1844 dadurch wesentlich verkleinert, dass er an Stelle der Holzkohle die viel consistentere und daher langsamer abbrennende Retortenkohle anwandte. Immerhin musste aber bei der von ihm construirten Lampe die Entfernung der Kohlenspitzen mit der Hand regulirt werden. Deleuil hatte schon im Jahre 1841 mit gewöhnlichen Kohlen in einem luftleer gemachten Recipienten öffentlich die ersten Experimente mit elektrischem Lichte gemacht. Er wiederholte sie dann mit Foucault's Lampe und Retortenkohlen auf der Place de la Concorde in Paris. Es ist jedoch einleuchtend, dass eine Lampe, die der steten Regulirung mit der Hand bedarf, keinen praktischen Erfolg erzielen konnte.

Der Erste, welcher die Regulirung mit der Hand durch eine automatische ersetzte, war Thomas Wright in London im Jahre 1845. Bei seiner Lampe liess er den Lichtbogen zwischen zwei kreisrunden Kohlenscheiben entstehen, welche er durch irgend einen

Mechanismus in Drehung versetzte. Die Lampe fand jedoch keine Beachtung.

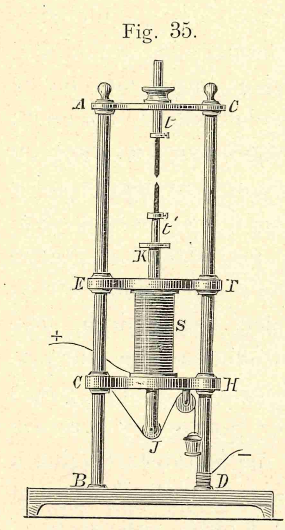
Ein wesentlicher Fortschritt in der Construction von Lampen datirt erst aus dem Jahre 1848. Leon Foucault in Frankreich, Staite und Petrie in England kamen nämlich ziemlich gleichzeitig auf die Idee, den Strom selbst zur Regulirung des Nachschubes der Kohlenspitzen anzuwenden. Diese Idee gründet sich auf die beiden Thatsachen, dass einerseits der Voltabogen einen Theil des Stromkreises bildet und daher die Stromstärke in demselben beeinflusst, andererseits aber eine von einem Strome durchflossene Drahtspirale einen Eisenkern magnetisirt und mit grösserer oder geringerer Kraft, je nach der Stärke des Stromes, denselben anzieht. Ueberträgt man nun dem Eisenkerne die Bewegung der Kohlen und verwendet einen Strom gleichzeitig zum Durchfliessen der Drahtspirale und zur Bildung des Bogens, so muss offenbar die stärkere oder schwächere Anziehung des Eisenkernes und somit die Bewegung der Kohle von der Stärke des Stromes in der Spirale abhängen; da aber die Stromstärke durch den Voltabogen verändert wird, so erfolgt die Bewegung des Eisenkernes, also auch der Kohle, entsprechend den Aenderungen im Voltabogen. Foucault's*) Regulator wurde in der Pariser Oper benützt, als es sich bei der Aufführung des »Prophet« darum handelte, den Aufgang der Sonne darzustellen. Der Erfolg war ein brillanter, und seitdem wurde das elektrische Licht bei allen grösseren Opern und Ballets verwendet.

*) Alglave et Boulard, La lumière électrique, 1882 p. 65.

Von dieser Zeit (1848) an datirt sich die regelmässige Fortentwicklung und Ausbildung der Regulatoren, deren weitaus grösste Anzahl das Princip »die Entfernung der Kohlenspitzen durch den Strom selbst zu reguliren« zur Grundlage ihrer Construction hat.

Als einfachstes Beispiel dieser Art Regulatoren möge hier der beiläufig um die angegebene Zeit von Archereau construirte Regulator beschrieben werden. Die beiden Kupfersäulen *A B*, *C D* (Fig. 35) sind auf einem Holzgestelle befestigt und oben durch eine Kupfertraverse *A C* verbunden; letztere trägt den festen, positiven Kohlenhälter *t*. Das Solenoid *S* wird durch zwei andere, isolirte Traversen *E F*, *G H* getragen und ist auf eine Kupferröhre aufgerollt, in welcher mit sanfter Reibung die Stange *J K* als Träger der negativen Kohle t^1 gleitet. Der Stab ist in seiner oberen Hälfte aus Eisen, in seiner unteren Hälfte aus Kupfer. Er hängt in einer bei *G* befestigten und über zwei Rollen laufenden Saite, deren zweites Ende als Gegengewicht einen kleinen Becher mit Bleischrot trägt.

Fig. 35.



Der Strom tritt durch das mit + bezeichnete Drahtende in das Solenoid, durchläuft dasselbe, geht dann durch das mit dem Kupferrohre verbundene Ende der Spirale in das Kupferrohr, von diesem durch den

mit dem Rohre in Contact befindlichen Eisencylinder in die positive Kohle und verlässt durch die obere negative Kohle und das Lampengestelle bei *D* die Lampe. Der Eisenkern wird dabei magnetisch und in die Spule hineingezogen, wodurch der Lichtbogen entsteht. Beim Abbrennen der Kohlen vergrössert sich der Widerstand im Bogen, weshalb der Strom schwächer wird, und daher kann die Anziehung der Spule dem Gegengewichte nicht mehr das Gleichgewicht halten. Die positive Kohle wird deshalb der negativen Kohle so weit genähert, bis durch Verminderung der Bogenlänge wieder der früher geschilderte Gleichgewichtszustand hergestellt ist.

Le Molt nahm hingegen im Jahre 1849 wieder Wright's Idee auf und construirte einen Regulator,*) bestehend aus zwei kreisrunden, parallel oder unter einem rechten Winkel zu einander gestellten Kohlenscheiben. Letztere hatten eine doppelte Bewegung: 1. drehten sie sich um ihre Axen und 2. wurden sie nach jeder solchen Umdrehung um ein dem Abbrennen entsprechendes Stück einander genähert. Le Molt konnte auf diese Weise das Licht 24 Stunden erhalten, ohne die Lampe berühren zu müssen.

Im Jahre 1845 construirte Jaspar und im Jahre 1859 Serrin seinen Regulator; beide sind gegenwärtig noch vielfach praktisch in Verwendung und müssen daher mit den übrigen Regulatoren ausführlich besprochen werden.

Lacassagne und Thiers machten (1856—59) zahlreiche, öffentliche Versuche mit einem Regulator,**)

*) Fontaine, elektr. Beleuchtung. II. Auflg. p. 13.

**) Fontaine, elektr. Bel. II. Auflg. p. 22.

bei welchem der Nachschub der einen Kohle durch Quecksilber bewirkt wurde, welches aus einem Reservoir unter den Kolben floss, auf welchem die bewegliche Kohle aufsass. Der Zufluss des Quecksilbers und somit auch die Bewegung der Kohle wurde durch zwei Elektromagnete bewerkstelligt, deren gemeinschaftlicher Anker auf den Schlauch wirkte, durch welchen das Quecksilber zufloss; einer dieser Magnete war im Nebenschlusse angeordnet; diese Lampe wäre auch für Theilungslicht anwendbar gewesen. Sie erzeugte ein ziemlich ruhiges Licht, brachte es jedoch mannigfacher Uebelstände wegen doch zu keiner praktischen Anwendung.

Way liess (1856) aus einem kleinen Trichter Quecksilber in eine eiserne Schale fliessen; der Trichter und die Schale wurden mit je einem Pole einer Elektricitätsquelle verbunden. Zwischen den einzelnen Tropfen des discontinuirlichen Strahles entstanden kleine Lichtbogen und das Ganze gab, in einem Glascylinder eingeschlossen, eine ziemlich gleichförmige Lichtwirkung. Obwohl vielfache Vorsichtsmassregeln angewandt wurden, konnte Way das Entweichen von Quecksilberdämpfen nicht ganz ausschliessen, ja er selbst wurde schliesslich von diesen getödtet.

Auch Harrison benützte (1868) ausfliessendes Quecksilber zur Construction von Lichtregulatoren sehr verschiedener Anordnung; jedoch praktisch brauchbar hat sich keiner erwiesen. Uebrigens hatte er schon im Jahre 1857 einen Regulator*) erdacht, dessen negativer

*) Fontaine, elektr. Bel. II. Auflg. p. 14.

Pol ein gewöhnlicher cylindrischer Kohlenstab, dessen positiver Pol ein Kohlencylinder grösseren Umfanges war. Die obere, negative Kohle stand mit ihrer Axe vertical und wurde in der Richtung derselben entweder durch ein Gewicht herabbewegt oder durch eine am Anker eines Elektromagnetes befestigte Schnur hinaufgezogen, entsprechend dem Abbrennen der Kohle. Der positive Kohlencylinder lag horizontal und drehte sich um eine Schraubenspindel als Axe, so dass er also während der Dauer seiner Drehung fortwährend in der Richtung seiner Axe weiterrückte. Die Drehung wurde durch ein Uhrwerk besorgt.

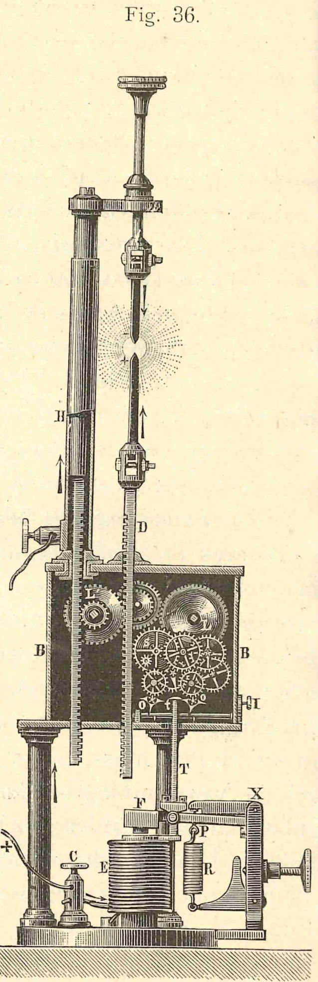
Auf der Wiener Weltausstellung im Jahre 1873 zeigte Dr. W. Siemens eine Lampe mit Nebenschluss, nachdem er vorher schon Patente auf einige derartige Constructionen genommen hatte.

Die Erfindung der Jablochkoffkerze (1876), welche neuerdings die Aufmerksamkeit im erhöhten Masse auf die elektrische Beleuchtung lenkte, brachte es mit sich, dass in kürzester Zeit von mehreren Constructeuren, Reynier, Lontin, Mersanne, Fontaine und schliesslich v. Hefner-Alteneck, Lampen construirt wurden, die den Anforderungen entsprachen, welche die Praxis an sie stellen muss, und deshalb gegenwärtig thatsächlich in Verwendung stehen. Die seither erfundenen Regulatorlampen zählen nach Hunderten und es können deshalb hier nur die wichtigsten in den Kreis der Betrachtungen einbezogen werden.

Lampe von Foucault und Duboscq.

Obwohl diese Lampe für industrielle Zwecke nicht brauchbar ist, soll deren neuere Construction doch hier besprochen werden, da diese zu speciellen Zwecken, wie z. B. bei Projectionsapparaten, noch häufig in Verwendung steht. Fig. 36 zeigt dieselbe im Längsschnitte. In dem Kasten $B\,B$ befinden sich zwei Uhrwerke, die von den Federgehäusen L und L' ihre Bewegung erhalten. Das Uhrwerk L läuft in das Sternrädchen o, das Uhrwerk L' in das Sternrädchen o' aus. Zwischen beiden Sternrädchen ist der Sperrzahn $T\,t$, welcher mit dem Hebel $F\,X$ verbunden ist. Diesen sucht das Solenoid E, dessen Anker das Hebelende F bildet, nach der einen Richtung, die Feder R nach der entgegengesetzten Richtung zu drehen.

Fig. 36.



Halten sich die Federkraft und die Anziehungs-

kraft des Solenoides das Gleichgewicht, so steht der Sperrzahn Tt in der Mitte zwischen den beiden Sternrädern $o\ o'$ und hemmt beide in ihrer Bewegung. Ueberwiegt die Federkraft, so ist das Rädchen o' und das damit zusammenhängende Uhrwerk gehemmt, während das Rädchen o mit seinem Uhrwerke laufen kann. Beim Ueberwiegen der Anziehungskraft des Solenoides ist das Umgekehrte der Fall. Die Hemmung des einen oder anderen Uhrwerkes wird durch das Satellitenrad S vermittelt. Die beiden Uhrwerke sind so angeordnet, dass das eine die beiden Kohlenträger mit Hilfe ihrer Zahnstangen gegeneinander, das andere sie voneinander bewegt. Hierbei ist durch ein entsprechendes Verhältniss (1:2) der Raddurchmesser dafür gesorgt, dass die eine Kohle sich doppelt so schnell als die andere bewegt.

Der Strom tritt durch die Klemme C in das Solenoid ein, geht durch die Lampenmasse in den Träger D, bildet den Lichtbogen und verlässt durch den oberen Kohlenträger H die Lampe. Ist die Entfernung der Kohlenspitzen die richtige, so halten sich die Anziehungskraft des Solenoides und die Federkraft das Gleichgewicht, und der Sperrzahn steht in der Mitte der beiden Rädchen $o\ o'$, hemmt also beide Uhrwerke. Wird jedoch die Entfernung der Kohlenspitzen von einander zu gross, so nimmt infolge des grösseren Widerstandes im Lichtbogen die Stromstärke und somit auch die Anziehungskraft des Solenoides ab; die Feder zieht den Sperrzahn nach rechts und giebt dadurch das mit dem Rädchen o in Verbindung stehende Uhrwerk frei, welches die Kohlen gegen einander

bewegt. Sobald jedoch die normale Länge des Lichtbogens wieder hergestellt ist, hat auch das Solenoid wieder seine frühere Anziehungskraft erreicht, zieht deshalb den Anker an, und der mit letzterem verbundene Sperrzahn hemmt abermals beide Uhrwerke. Ist der Lichtbogen zu klein, so gewinnt das Solenoid so sehr an Kraft, dass es die Federkraft übertrifft und durch den Hebel den Sperrzahn so weit nach links dreht, dass dadurch das Rädchen *o'* und dessen Uhrwerk freigegeben wird. Letzteres bewirkt aber ein Auseinandertreiben beider Kohlenspitzen und zwar ebenfalls wieder bis zur Herstellung der normalen Lichtbogenlänge.

Die Empfindlichkeit der Regulirung kann durch Veränderung in der Spannung der Feder *R* beliebig gemacht werden. Zu diesem Zwecke ist die Feder mit ihrem unteren Ende an einem Winkelhebel befestigt, dessen Stellung durch eine Schraube bestimmt wird. Der complicirte Mechanismus und der Umstand, dass die Lampe vor ihrem Gebrauche erst aufgezogen und besonders eingestellt werden muss, machen sie trotz ihrer befriedigenden Leistung für die praktische Verwendung im Grossen unbrauchbar.

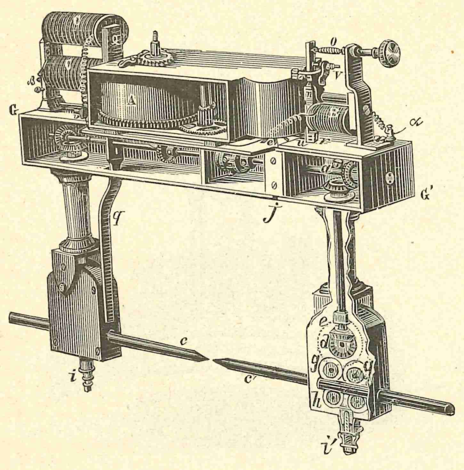
In einen Stromkreis kann nur eine Foucault'sche Lampe eingeschaltet werden; sie gehört daher zu den Lampen für Einzellicht.

Lampe von Mersanne.

Bei dieser für Theilungslicht bestimmten Lampe wird die Bewegung der Kohlen behufs Nachschub derselben gleichfalls durch ein Uhrwerk bewirkt. Fig. 37

zeigt dieselbe in einem Verticalschnitte und Fig. 38 in perspectivischer Ansicht. Das Federrad *A* überträgt durch einige Uebersetzungsräder seine Bewegung auf die Welle *a a*, die aus zwei mit einander durch Kupelung verbundenen Theilen besteht. An jedem Ende der Welle *a a* sitzt ein Kegelrad, welches in ein zweites

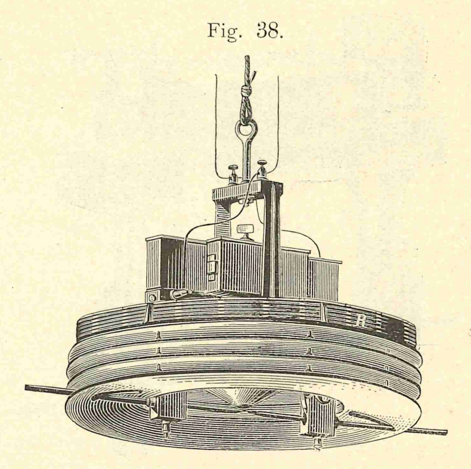
Fig. 37.



auf der verticalen Welle *b* befestigtes Kegelrad eingreift. Durch das Getriebe *e d* wird die Bewegung auf die Rollen *g g* übertragen, welche die Kohlenstäbe *c c'* gegen einander bewegen, sobald das Uhrwerk in Gang gesetzt wird. Von unten sind die Kohlenstäbe durch die Führungsrollen *h* gehalten, die durch die Feder *i'* angedrückt werden. Der Elektromagnet *C C'* ist in dem Hauptstromkreise eingeschaltet und seine Drahtwindungen bestehen aus dickem Drahte. Der Anker *Q q* ist an der Büchse *i* befestigt und entfernt

diese etwas von der zweiten Büchse *i'*, wenn er vom Elektromagnete angezogen wird. Der Elektromagnet *B* liegt im Nebenschlusse und besitzt Windungen eines dünnen Drahtes. Sein Anker *n* greift mit dem Sperrkegel *u* in das Sternrad *e* ein, wenn er nicht vom Elektromagnete angezogen ist. Der Anziehung des Elektromagnetes wirkt die Feder *o* entgegen. Durch

Fig. 38.



die Schraube *v* kann die Stellung des Ankers und durch die Schraube *r* die des Sperrkegels geregelt werden.

Der Strom durchläuft zunächst den Elektromagnet *CC*, gelangt dann durch die Büchse *i* in die Kohlen *c* und *c'*, zwischen welchen der Lichtbogen gebildet werden soll, und verlässt durch die Büchse *i'* und den Lampenkörper *G'* die Lampe. Der Elektromagnet zieht seinen Anker *Qq* an und rückt dadurch die Büchse *i* zur linken Seite; die Kohlen gehen also

etwas auseinander und der Lichtbogen entsteht. Wird durch Abbrennen der Kohlen die Entfernung ihrer Spitzen zu gross, so geht der grössere Theil des Stromes durch einen Nebenschluss, in welchem der Elektromagnet *B* liegt; nun zieht dieser seinen Anker *n* an und giebt durch Rückziehen des Sperrkegels *u* das Sternrad *e* und somit auch das Uhrwerk frei. Dieses treibt die Kohlen so lange zusammen, bis der Voltabogen wieder seine normale Grösse erreicht hat und infolge dessen der Strom im Nebenschlusse so weit geschwächt ist, dass der Magnet *B* seinen Anker *n* abermals loslässt und das Uhrwerk neuerdings hemmt.

Die Lampe von Mersanne hat den grossen Vortheil, dass sie lange Zeit brennen kann, ohne dass die Kohlen erneuert oder die Lampe überhaupt berührt werden muss. Das Uhrwerk kann nämlich, einmal aufgezogen, 36 Stunden laufen, und die Kohlen können, dank der speciellen Anordnung der Kohlenträger, beliebig lang genommen werden. Die Regulirung soll übrigens nicht exact genug erfolgen, um ein so ruhiges und stetiges Licht zu erzeugen, als zur Beleuchtung von Innenräumen erforderlich ist; zur Strassenbeleuchtung dürfte dieser Regulator übrigens gute Dienste leisten. Mersanne's Lampe mit vertical angeordneten Kohlenstäben ist der eben beschriebenen ganz ähnlich construirt.

Fig. 38 zeigt die Lampe mit einer Art Zonenreflector ausgerüstet, der bei gewöhnlichen Beleuchtungen (von oben) aus Metall hergestellt ist. Soll das vom Reflector bewirkte Schattenwerfen nach oben vermieden werden, so macht man die einzelnen Kreis-

scheiben des Reflectors opal, so dass ein Theil des Lichtes nach oben durchdringen kann.

Girouard und Regnard haben schon vor einigen Jahren ebenfalls Regulatoren mit Uhrwerk construirt, von welchen jedoch keiner eine praktische Bedeutung gewann. (Fontaine, Die elektrische Beleuchtung. Deutsch von F. Ross. p. 42.)

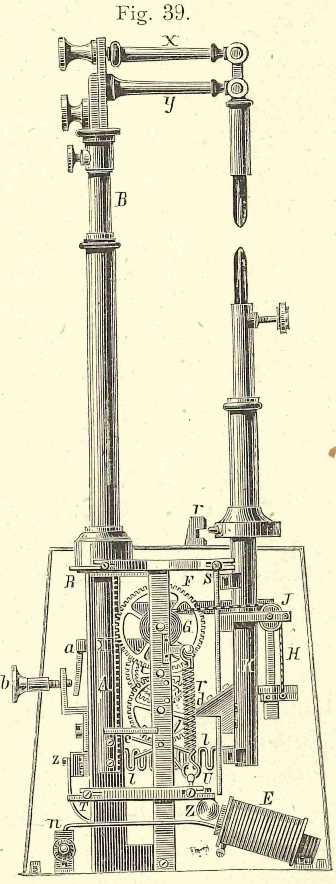
Lampe von Serrin.

Ursprünglich für Batterieströme construirt, erwies sich die Serrin'sche Lampe mit einer kleinen Aenderung auch für Wechselströme brauchbar. Das Zusammenführen und Nachschieben der Kohlen erfolgt durch das Gewicht des oberen Kohlenträgers, das Auseinanderziehen durch einen Elektromagnet. Der obere positive Kohlenträger *B*, (Fig. 39) trägt in seinem unteren Drittel eine Zahnstange *A*, welche in das Zahnrad *F* eingreift; mit *F* auf derselben Axe sitzt eine Rolle *G*, deren Radius halb so gross ist, als der des Zahnrades. Von dieser Rolle geht eine Stahlkette über die Führungsrolle *J* zu einem Elfenbeinstücke, das mit dem unteren, negativen Kohlenhalter *K* verbunden ist.

Am Boden des Lampenkastens ist ein Elektromagnet *E* angebracht, dessen horizontaler Anker *Z* an dem Parallelogramme *R S T U* befestigt ist. *R S* kann sich um *R* und *T U* kann sich um *T* drehen. Die verticale Seite *S U* ist mit dem Querstücke, welches die Rolle *J* trägt, verbunden; damit das Parallelogramm nicht durch seine Schwere hinabsinkt, sind zwei Federn *f* (die zweite ist in der Zeichnung nicht sichtbar) angebracht, deren eine durch die Schraube *b* und den

Hebel *a* stärker oder schwächer angespannt werden kann; die Federn werden so regulirt, dass *R S* und *T U* horizontal stehen. Das letzte Rad der Räderübersetzung bildet ein Sternrad *e*, in welches der dreieckig gestaltete Sperrzahn *d* eingreifen kann. Wird der obere Kohlenträger *B* hinaufgezogen, etwa um neue Kohlen zu befestigen, so dreht sich nur das Rad *F*, während das übrige Räderwerk in Ruhe bleibt, weil das zweite Rad eine Sperrvorrichtung besitzt, welche die Drehung nur nach der entgegengesetzten Richtung gestattet. Die Arme *x* und *y* mit ihren Schrauben dienen zur genauen Einstellung der oberen Kohle.

Fig. 39.



Der Strom wird durch die Metallbestandtheile der Lampe in den Kohlenträger *B* geleitet, gelangt dann durch die obere, positive und die untere, negative Kohle in den Träger *K*, von hier durch den Spiraldraht *l l* zu einer isolirten Klemme *z*, die mit dem

Elektromagnete E verbunden ist; von diesem geht der Strom durch einen Draht zur Klemme n und wieder zur Stromquelle zurück. Sobald der Strom geschlossen ist, zieht E seinen Anker Z an und die Seite $S\,U$ des Parallelogrammes sinkt etwas nach abwärts; mit ihr sinkt auch der untere Kohlenträger und wegen dessen früher beschriebener Verbindung mit dem Zahnrade F steigt der obere Kohlenträger B. Die Kohlen werden also von einander entfernt, und es entsteht der Lichtbogen. Der obere Träger kann trotz seines Gewichtes nicht herabsinken, da durch das Sinken des unteren Kohlenträgers der Sperrzahn d zum Eingriffe in das Sternrad e gebracht wurde und damit das Räderwerk arretirt ist.

Durch Abbrennen der Kohlen wächst nun der Widerstand im Schliessungsbogen, der Strom wird schwächer und mit ihm auch der Elektromagnet. Es kommen daher die seiner Anziehung entgegenwirkenden Federn f zur Geltung und ziehen das Parallelogramm nach oben. Dadurch wird aber auch der Sperrzahn d gehoben und das Räderwerk freigegeben. Es sinkt jetzt der Kohlenträger B und hebt durch das Rad F, die Rolle G und die Kette H den unteren Kohlenträger K, d. h. die beiden Kohlen werden einander genähert. Da, wie früher erwähnt, die Durchmesser des Rades F und der Rolle G sich wie 1 : 2 verhalten, so rückt die negative Kohle halb so viel nach oben als die positive Kohle nach unten, also ganz entsprechend dem ungleichförmigen Abbrennen beider Kohlen. Der Voltabogen bleibt daher an derselben Stelle. Das Nachrücken der Kohlen hat indessen den

Widerstand im Schliessungsbogen verringert und so den Strom und mit ihm den Elektromagnet wieder zu den ursprünglichen Stärken gebracht. Es wird daher der Anker abermals angezogen und das Räderwerk arretirt, wodurch der weitere Nachschub der Kohlen beendet ist, bis neuerdings durch Abbrennen der Kohlen der Widerstand zugenommen hat.

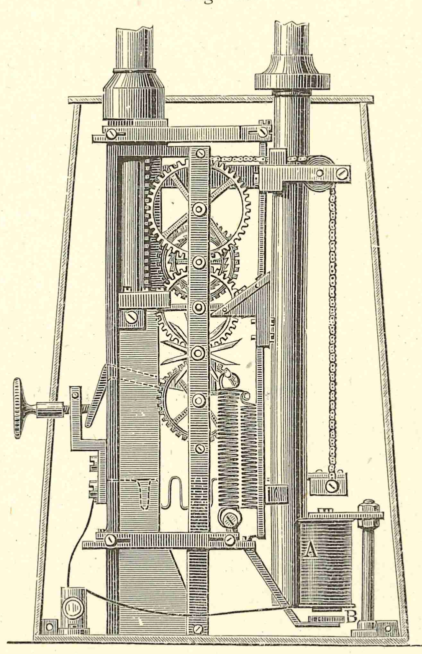
Dieses Spiel geht während der ganzen Brenndauer ununterbrochen fort. Durch die Spannung der Feder f mittelst der Schraube b und des Hebels a kann das Parallelogramm, conform der Stromstärke so ausbalancirt werden, dass die geringsten Stromschwankungen genügen, um das Räderwerk in Thätigkeit zu setzen, also den Lichtbogen in constanter Grösse zu erhalten. Ebenso wird durch das Anziehen der Schraube b das Parallelogramm etwas gehoben, durch Nachlassen derselben etwas gesenkt, wodurch die Lampe für grössere oder kleinere Voltabogen eingestellt werden kann.

Drückt man den unteren Kohlenträger etwas nach abwärts, so wird auch das Parallelogramm gesenkt und dadurch das Räderwerk gehemmt: die Function der Lampe ist unterbrochen. Will man diesen Zustand der Lampe erhalten, so dreht man den Kohlenhälter ein wenig, so dass der unten angebrachte Zapfen zum Eingriff in das Stück r kommt.

Ein Vorzug der Serrin'schen Lampe ist das grosse Gewicht des oberen Kohlenträgers, durch welches kleinere Widerstände leicht überwunden werden, und daher das Räderwerk einen regelmässigen Gang erhält. Trotzdem kann aber bei Annäherung der beiden Kohlen

durch zu grossen Druck kein Zerbröckeln derselben erfolgen, weil die untere Kohle diesem Drucke sofort nachgiebt, hinuntersinkt und dadurch die obere Kohle hebt, also den Druck vermindert. Das Gewicht des

Fig. 40.



Kohlenhälters und die Anziehung des Elektromagnetes wirken stets einander entgegen, wodurch der Lichtbogen in höchst vollkommener Weise in einer Länge erhalten wird, die der Stromstärke entspricht.

Diese grosse Empfindlichkeit ist aber auch nicht ohne Nachtheil. Die kleinste Verschiedenheit in der

Wirkung des Elektromagnetes auf den Anker wird sofort auf den unteren Kohlenträger übertragen und bewirkt, dass dieser beständig auf- und abschwingt, wenn die Kohlen nicht sehr rein sind. Die Unreinigkeiten der Kohlen verändern nämlich den Widerstand im Schliessungsbogen, indem sie den Voltabogen verlängern oder verkürzen, und verändern somit auch die Stromstärke. Die nächste Folge hievon ist ein Schwanken im Gange der stromerzeugenden Maschine und deshalb auch im Lichte des Flammenbogens. Sehr gute Kohle ist deshalb für den oben beschriebenen Regulator unbedingtes Erforderniss. Vermöge seiner Construction kann er auch nicht in horizontaler Lage angewendet werden, sondern muss immer vertical stehen. Er ist ein Einzellichtregulator und kann nur mit gleichgerichteten Strömen betrieben werden.

Lontin hat den Serrin'schen Regulator dahin abgeändert, dass er den Elektromagnet nicht in den Hauptstromkreis, sondern in einen Nebenschluss legte (Fig. 40). Hiermit wird er auch für Theilungslicht verwendbar und functionirt dann in folgender Art: Sobald die Lampe in den Stromkreis eingeschaltet ist, geht, wenn die Kohlen sich nicht berühren, der ganze Strom durch den Magnet im Nebenschlusse; dieser zieht seinen Anker an und giebt durch Hebung des Sperrzahnes das Räderwerk frei, wodurch beide Kohlen einander bis zur Berührung genähert werden. Im selben Momente geht aber der Hauptstrom durch die Kohlen, wo er jetzt wenig Widerstand findet, und der Nebenschluss, respective der Magnet, wird nahezu stromlos: der Anker fällt ab und der Sperrzahn arretirt das Räderwerk;

beim Abwärtsgehen des Ankers wird aber auch der untere Kohlenträger etwas nach abwärts bewegt und so dem Strome Gelegenheit gegeben, den Lichtbogen zu bilden. Dann bleibt das Räderwerk so lange arretirt, bis durch Abbrennen der Kohlen der Bogen und somit auch der Widerstand im Hauptstromkreise zu gross geworden ist, also der Strom im Nebenschlusse wieder jene Stärke erreicht hat, die zum Anziehen des Ankers und neuerlichem Freigeben des Räderwerkes ausreicht. Selbstverständlich muss, wenn der Regulator in dieser Art arbeiten soll, die Stellung des Elektromagnetes und die Form des Ankers entsprechend abgeändert sein. Diese Aenderung ist aus einem Vergleiche der Figur 39 mit Figur 40 leicht zu ersehen.

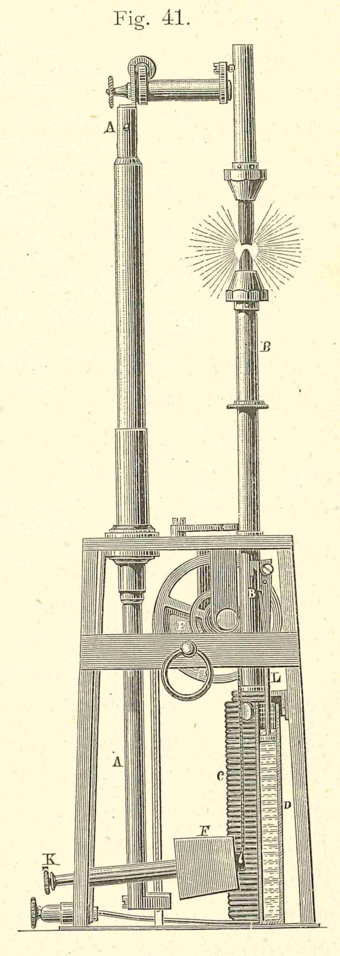
Soll die Lampe für Wechselströme benützt werden, so müssen, da unter diesen Umständen die beiden Kohlen gleich schnell abbrennen, die Durchmesser des Zahnrades *F* und der Rolle *G* gleich gross sein.

Lampe von Jaspar.

Die obere positive Kohle ist an dem Träger *A* (Fig. 41) befestigt und lässt sich durch Schrauben genau über der unteren Kohle einstellen. Der Träger *A* ist von den übrigen Theilen der Lampe vollständig isolirt und wird mit dem positiven Pole der Elektricitätsquelle verbunden. An seinem unteren Ende trägt er einen Ansatz, der an einer Führungsstange gleitet, um das Drehen des Kohlenhalters zu vermeiden. Von diesem Ansatze geht eine Schnur zum Umfange einer Scheibe, auf deren Axe eine zweite Scheibe, aber nur von halbem Durchmesser der ersteren, sich befindet; die

Schnur an ihrem Umfange führt zum unteren Kohlenträger *B*. Auf diese Art muss auch bei dieser Lampe wieder die untere negative Kohle stets den halben Weg der oberen positiven Kohle zurücklegen. Als Gegengewicht zum Gewichte des Kohlenträgers *A* wirkt das Laufgewicht *F*; der Hebel, auf welchem das Laufgewicht sitzt, ist nämlich durch eine Schnur mit einer dritten Scheibe verbunden, die ebenfalls auf der Axe der beiden erst erwähnten Scheiben befestigt ist. Die Schraube *K* dient dazu, das Gewicht *F* auf seinem Hebel zu verschieben und dadurch seine Zugkraft zu vermehren oder zu vermindern, je nachdem es die angewandte Stromstärke erfordert.

Fig. 41.



Der negative untere Kohlenträger *B* ist aus Eisen und taucht in das Solenoid *C*. So lange kein Strom durch die Lampe geht, überwiegt das Gewicht des Trägers *A* und dieser sinkt herab; infolge seiner Ver-

bindung durch die Schnurläufe muss gleichzeitig der Träger *B* gehoben werden, und die beiden Kohlen berühren sich. Schaltet man jetzt die Lampe in einen Stromkreis, so wird der Träger *B* in das Solenoid hineingezogen, *B* sinkt also und *A* muss deshalb steigen, die Kohlen gehen auseinander und die Lampe beginnt zu brennen. Damit die Bewegung nicht zu rasch erfolgt, ist an dem Träger *B* eine Stange *L* befestigt, welche unten einen Kolben trägt; dieser bewegt sich mit geringem Spielraume in dem mit Quecksilber gefüllten Cylinder *D*. Da auf diese Weise das Quecksilber nur durch den engen ringförmigen Raum zwischen Kolben und Cylinderwand passiren kann, wird auch die Stange *L* und somit der Träger *B* zu einem langsamen, gleichförmigen Gange gezwungen.

In dem Masse, als die Kohlen verzehrt werden, wächst auch die Länge des Voltabogens, die Stromstärke nimmt ab und das Solenoid verliert an Kraft. Jetzt kann das Gewicht der Stange *A* wieder die Anziehungskraft des Solenoides überwinden, weshalb die obere Kohle sinken und die untere steigen wird, d. h. also, die Kohlen werden ihrem Abbrennen entsprechend nachgeschoben. Die Anziehungskraft einer Spirale auf einen Eisenstab von gleichem Querschnitt ist aber verschieden je nach der Stellung des Eisenstabes zur Spirale. Beginnt die Lampe mit frisch eingesetzten Kohlen zu brennen, so befindet sich der Kohlenträger *B* in seiner tiefsten Stellung, sind die Kohlen nahezu abgebrannt (welchen Moment die Fig. 41 zeigt), so ist er in seiner höchsten Stellung angelangt. In diesem Stadium wird deshalb die Einwirkung des Solenoides

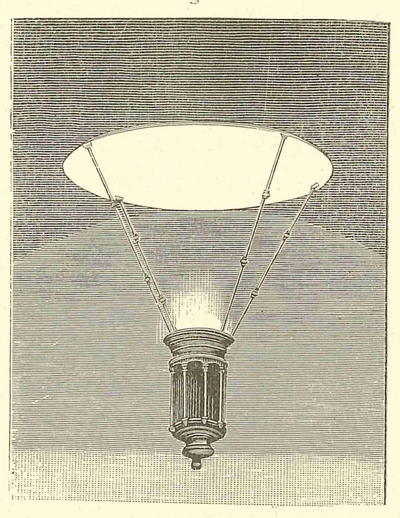
auf den eisernen Kohlenträger eine viel kräftigere sein als zum Beginne des Brennens der Lampe. Daraus würde aber zu Ende der Brenndauer ein viel längerer Voltabogen resultiren als zu Beginn derselben. Diesen Uebelstand vermeidet Jaspar auf ebenso einfache als sinnreiche Weise. Die Scheibe, welche den Schnurlauf aufnimmt, trägt nämlich ein Gewicht *E*, welches, wie die Zeichnung zeigt, für das Ende der Brennzeit auf der linken Seite der Drehaxe sich befindet. Es wirkt also mit seinem vollen Gewichte der Anziehung des Solenoides entgegen und unterstützt die Wirkung des Gewichtes von *A*. Am Beginne der Brennzeit steht die Scheibe so, dass sich das Gewicht *E* auf der rechten Seite von der Drehaxe befindet, also mit seiner ganzen Schwere im Sinne der Anziehung des Solenoides wirkt. Im ersteren Falle ist aber Anziehung des Solenoides am grössten, aber auch die Gegenwirkung des Gewichtes *E* am stärksten, und im letzteren Falle ist die Anziehung des Solenoides am schwächsten, aber dafür wird sie auch durch das Gewicht *E* unterstützt.

Während des Brennens nimmt die Anziehung des Solenoides stetig zu, die Unterstützung dieser Wirkung durch das Gewicht aber stetig ab, denn mit dem Abbrennen der Kohlen dreht sich auch die Scheibe und das Gewicht wird gehoben; damit ist aber eine stetige Abnahme der wirksamen Kraftcomponente von *E* verbunden. Dies geht so lange fort, bis *E* senkrecht über seiner Drehungsaxe angelangt ist. Hier hört seine Gegenwirkung auf. Brennt die Lampe länger fort, so gelangt das Gewicht *E* auf die linke Seite und wirkt nun der inzwischen weiter gewachsenen Anziehungs-

kraft des Solenoides entgegen. Im selben Masse, als letztere sich vermehrt, wächst auch die Gegenwirkung des Gewichtes.

Auf diese Art erzielt also Jaspar trotz der Eisenstange von unveränderlichem Querschnitte doch eine stets gleichbleibende Bewegung im Kohlennach-

Fig. 42.



schube. Das Gewicht E ist überdies noch in radialer Richtung verstellbar, so dass dadurch und durch die Verstellung des Gewichtes F mittelst der Schraube K dieselbe Lampe für verschiedene Stromstärken Verwendung finden kann.

Einige Organe von untergeordneter Bedeutung sind in der Zeichnung weggelassen, um die Deutlichkeit nicht zu beeinträchtigen. Jaspar's Regulator ist

für Einzellicht und gleichgerichtete Ströme construirt, und zeichnet sich durch grosse Empfindlichkeit und Sicherheit des Betriebes aus. Von demselben Constructeur wurde auch eine Lampe gebaut, bei welcher der Regulirungsmechanismus oberhalb der Kohlen angeordnet ist. (La lumière électrique, T. IV. p. 368.)

Während der Ausstellung für Elektricität in Paris war der Saal 15 durch drei Lampen derart erleuchtet, dass die Lampe selbst unsichtbar blieb. Fig. 42 zeigt die Einrichtung, welche der Lampe zu diesem Zwecke gegeben wurde. Der Regulator befand sich hierbei in einem opaken, oben offenen Cylinder, über welchem ein weiss angestrichener Schirm aufgehängt war. Bei der praktischen Anwendung dieser Beleuchtungsart wird der Schirm in der Mehrzahl der Fälle wegbleiben können, indem ein weiss getünchter Plafond die Reflexion und Zerstreuung des Lichtes übernimmt.

Es ist nicht zu leugnen, dass diese Art der Beleuchtung den Vortheil einer starken Lichtzerstreuung hat, also eine sehr gleichmässige Beleuchtung des gegebenen Raumes bewirkt und ausserdem noch den grellen, blendenden Lichtbogen unsichtbar macht.

Lampe von Gaiffe.

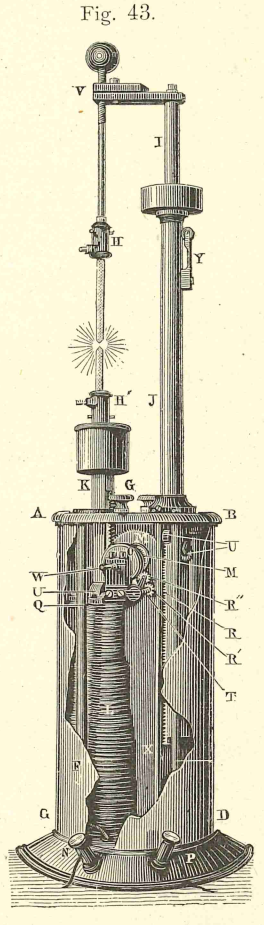
Gaiffe sucht die mit der Stellung des Eisenkernes zum Solenoide veränderliche Anziehungskraft dadurch gleichmässig zu machen, dass er das Solenoid conisch aufbaut. Je ungünstiger die Stellung des Eisenkernes wird, desto grösser macht er die Anzahl der Solenoidwindungen, so dass dieser Umstand dann die ungünstige Stellung compensirt.

H bezeichnet in Fig. 43 den oberen Kohlenträger, welcher durch das Kniegelenk V genau über dem unteren Kohlenträger H' eingestellt werden kann. Der obere Kohlenträger wird durch eine in der Röhre J geführte Stange I gehalten, deren unterer Theil verzahnt ist.

Der untere Kohlenträger ruht auf der gleichfalls theilweise gezahnten Stange K aus weichem Eisen. Diese Stange taucht in das stufenförmig gewickelte Solenoid L. Der Deckel Q des Solenoides ist in der Mitte mit einem entsprechenden Ausschnitte versehen, um die Stange K durchzulassen, und trägt die Zahnräder M und M'; beide sind von einander durch eine Elfenbeinscheibe isolirt und drehen sich frei auf der Axe W. Ihre Durchmesser stehen im Verhältnisse von 1 : 2, entsprechend der ungleichen Abnützung der Kohlen. Das grössere Zahnrad M greift in die Verzahnung der Stange I ein, das kleinere M' in die Zahnstange K. Mit beiden Rädern in Verbindung ist das Federgehäuse O. Die darin befindliche Spiralfeder strebt die beiden Räder derart zu drehen, dass die beiden Kohlen gegeneinander bewegt werden. Die Zahnräder R, R', R'' können mit den Rädern M und M' in Eingriff gebracht werden und dienen dazu, beide Kohlen zu heben oder zu senken, ohne die Function der Lampe zu stören. Für gewöhnlich sind diese Räder R R' R'' durch Spiralfedern in der Richtung ihrer Axe von den Rädern M und M' abgezogen und werden erst durch die Wirkung eines Schlüssels zum Eingriff gebracht. Diese Vorrichtung dient dazu, um den Voltabogen in beliebiger Höhe einstellen zu können, was

für gewisse Zwecke nothwendig erscheint. Um den beiden Kohlenträgern einen sicheren Gang zu geben, sind an verschiedenen Stellen Führungsrollen U angebracht. Eine auf der Röhre J befestigte Contactrolle wird durch einen Schlitz der Röhre gegen die Stange I durch die Feder Y angedrückt und vermittelt die Stromzuführung. Der ganze Regulirungsmechanismus ist von dem Gehäuse $A\,B\,C\,D$ eingeschlossen, dessen Fuss die beiden Polklemmen der Lampe P und N trägt.

Fig. 43.



Die Regulirung des Lichtbogens wird durch die Feder O und das Solenoid L bewirkt; die erstere führt die Kohlen gegen einander, das letztere sucht sie durch Anziehung des Eisenstabes K zu trennen und bei ruhigem Brennen der Lampe halten sich beide Kräfte das Gleichgewicht. Um diesen Zustand für verschieden starke Ströme erreichen zu können, gestattet der viereckige Zapfen der Axe des Federgehäuses durch einen Schlüssel die Spannung der Feder beliebig zu reguliren.

Der Strom tritt bei P in die Lampe ein, gelangt durch die Stange X in die Röhre J und durch Y über I nach H, passirt beide Kohlen, geht dann von der Stange K in das Solenoid L und zur zweiten Klemme N. Vor dem Eintritte des Stromes hat die Feder O die beiden Kohlen bis zu ihrer Berührung einander entgegengeführt; sobald aber der Strom durch das Solenoid circulirt, zieht dieses die Stange K nach abwärts, entfernt die beiden Kohlen und bildet den Lichtbogen. Das Abbrennen der Kohlen vergrössert den Lichtbogen und den Widerstand im Stromkreise, verringert daher die Anziehungskraft des Solenoides und lässt dadurch die Wirkung der Feder überwiegen, woraus abermals ein Gegeneinanderbewegen beider Kohlen resultirt.

Die Lampe ist für Einzellicht construirt und namentlich für Batterieströme gut anwendbar. Sie functionirt bereits mit 20 kleinen Bunsen'schen Elementen, kann aber auch mit 60 grossen derartigen Elementen betrieben werden.

Marcus*) vermeidet die durch die Stellung ungleichförmige Anziehung des Solenoides auf den Eisenkern dadurch, dass er das Solenoid in eine Reihe von einander getrennte Spulen theilt. Es besteht nämlich aus einer grösseren Anzahl selbstständiger Spiralen von geringer Höhe, welche aber sämmtlich hinter einander zu einer einzigen Spirale sich verbinden; ausserdem ist je ein Anfang und je ein Ende der kleinen Spiralen mit kleinen isolirt befestigten Metallstücken verbunden.

*) Dr. Ph. Carl, Zeitschrift für angewandte Elektricitätslehre. Bd. I S. 243.

Der Eintritt des Stromes in die Spirale, sowie dessen Austritt, geschieht mittelst an federnden Metallstreifen angebrachter Contactrollen, welche auf kleinen Schienen gleiten, und da die gegenüber befindlichen kleinen Schienen nur drei kleine Spiralabtheilungen in sich einschliessen, so nimmt der Strom nur durch diese und nicht durch sämmtliche Windungen seinen Weg. In dem Masse, als die Contactrollen nach aufwärts oder abwärts gleiten, schliessen sie auf der einen Seite neue kleine Spiralabtheilungen in den Stromkreis ein, gleichzeitig auf der anderen Seite früher in demselben befindliche ausschaltend. Es ist also immer die mittlere der wirksamen Spulen vom Schwerpunkte des Eisenkernes gleich weit entfernt und somit übt das Solenoid immer dieselbe Anziehungskraft auf den Eisenkern aus.

Doch da hiebei zwischen dem Anker und den Kohlenstäben keine Uebersetzung vorhanden ist, muss der Lichtbogen periodisch grösser und kleiner werden und ebenso die Reibung der Contacte die Empfindlichkeit der Regulirung erheblich beeinträchtigen.

In sehr geistreicher und ganz origineller Art beseitigt Křižik die ungleichmässige Wirkung des Solenoides. (Siehe daselbst.)

Lampe von Crompton.

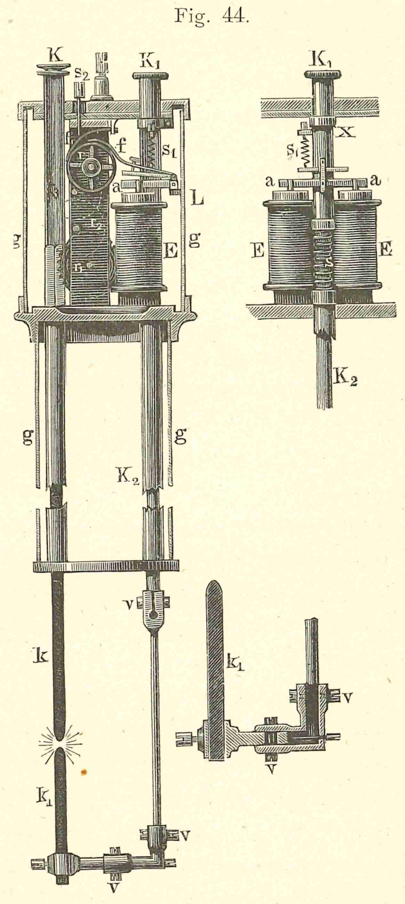
Crompton richtete bei der Construction seiner Lampe sein Hauptaugenmerk darauf, das Gewicht der beweglichen Theile, welche den Nachschub der Kohlen zu bewerkstelligen haben, möglichst zu verringern. Er will damit ein präciseres Anschmiegen der Regulirungsbewegungen an die Stromschwankungen er-

reichen, indem durch das Verringern des Gewichtes der beweglichen Theile auch das Beharrungsvermögen derselben vermindert wird. Es ist deshalb einerseits kein grosser Kraftaufwand dazu nöthig, die Bewegung einzuleiten, andererseits wird die bereits eingeleitete Bewegung vermöge des Beharrungsvermögens der bewegten Massen nicht länger andauern als erforderlich, d. h. also: es ist weder eine starke Stromabnahme nöthig, bevor der Nachschubsmechanismus zur Wirkung kommen kann, noch dauert seine Wirkung länger an, als zur Erreichung der neuen Gleichgewichtslage nothwendig ist.

Figur 44 zeigt die ganze Lampe in einer Seitenansicht und einige davon getrennt gezeichnete Bestandtheile. g g sind die den Mechanismus einschliessenden Cylinder, K der obere und K_1 der untere Kohlenträger, eine Feder S zieht, wenn durch die Lampe kein Strom geht, den Träger K_1 hinauf, hält also beide Kohlen in Berührung. Den Anker zu dem in die Hauptleitung eingeschalteten Elektromagnet E bildet ein mit dem unteren Kohlenträger fest verbundenes Eisenstück a; auf diesem befindet sich eine dünne, drehbare Eisenplatte, welche einen derart geformten Arm f trägt, dass dieser auf dem Bremsrade r leicht aufruht, wenn die Armatur a vom Elektromagnete E angezogen ist. Die Kraft der Feder s_1 ist so bemessen, dass diese und das nach abwärts wirkende Gewicht der dünnen Eisenplatte sich nahezu das Gleichgewicht halten. Der untere Kohlenträger kann nur so lange aufwärts gezogen werden (durch die Feder s), so lange nicht der an ihm befestigte Ring x gegen die Platte des Ge-

häuses stösst. Der obere Kohlenträger k trägt eine Zahnstange, die in das unterste Zahnrad r_1 des Räderwerkes r_1 r_2 r_3 r eingreift. Sein Gewicht ist hinreichend gross, um die Räder in Bewegung zu versetzen. Das Uebersetzungsverhältniss der Zahnräder ist so gewählt, dass einer Umdrehung des Bremsrades eine Bewegung der Kohle um 0·1 Mm. entspricht. Mehrere Gelenke v haben den Zweck, ein genaues Einstellen der Kohlen untereinander zu ermöglichen.

Fig. 44.



So lange kein Strom durch die Lampe geht, berühren sich beide Kohlen, denn der untere Kohlenträger wird durch die Feder s_1 aufwärts gezogen bis zum Anschlage des Bundringes x an die obere Deckplatte, und da in dieser Stellung auch die Bremse f nicht zur Wirkung kommt, sinkt der obere Kohlen-

träger herab. Wird die Lampe in einen Stromkreis eingeschaltet, so geht der Strom durch den Elektromagnet und die Masse der Lampe zu der oberen Kohle, dann durch die untere in den von den übrigen Lampentheilen isolirten unteren Kohlenträger und wieder zur Stromquelle zurück. E wird dadurch magnetisch und zieht den Anker a an, sobald die Stromstärke ausreicht, die Kraft der Feder s zu überwinden. Gleichzeitig wird das Räderwerk etwas zurückgedreht, also werden die Kohlen von einander entfernt und die Lampe beginnt zu leuchten. Der obere Kohlenträger kann nicht nachsinken, da die Bremse f das Rad r hemmt. Nun brennen die Kohlen ab und schwächen dadurch den Strom; jetzt überwiegt die Kraft der Feder s die Anziehungskraft des Magnetes E und der Anker a rückt mit dem Kohlenträger k_1 etwas nach oben; dadurch wird aber auch die Wirkung der Bremse f vermindert und der obere Kohlenträger kann sinken. Es haben sich also die beiden Kohlen wieder einander genähert. Bei weiterem Abbrennen derselben wiederholt sich dieser Vorgang immer wieder. Das Vorrücken geschieht jedoch nicht sprungweise, sondern continuirlich, da die Stärke des Elektromagnetes genau dem Abbrennen der Kohlen folgend abnimmt, somit auch die Anziehung des Ankers und infolge dessen die stärkere oder schwächere Wirkung der Bremse f genau der jeweiligen Stromstärke entsprechend stattfindet.

Die Lampe ist für Einzellicht und den Betrieb mit gleichgerichteten Strömen bestimmt. Ihre Kohlen gestatten eine Brenndauer von 5 Stunden; wünscht man eine grössere, so wird die Lampe durch eine

Röhre verlängert, die an ihrem unteren Ende die stromzuleitenden Führungen für die dazu nöthigen langen Kohlenstäbe trägt. Hierdurch bleibt die in den Stromkreis eingeschaltete Länge der letzteren und somit deren Widerstand während der ganzen Brenndauer constant. Dieser Umstand ist wichtig, da der Widerstand von einer 24 engl. Zoll langen Kohle (für 8 Stunden) beiläufig 0·3 Ohms beträgt. Eine Abnahme dieses anfänglichen Widerstandes bis zu einem, der nahezu gleich Null ist, wenn die Kohlen abgebrannt sind, würde auf einen Strom von geringer Spannung ganz erheblich einwirken. Um das Oelen der leichten, stets in Bewegung befindlichen Eisenplatte (ober a) zu umgehen, weil hierdurch leicht ein Verschmieren eintreten kann, dreht sich diese zwischen zwei Stahlspitzen.

Um die Lampe auch für Theilungslichter brauchbar zu machen, ersetzt Crompton die Feder s_1 durch einen im Nebenschlusse eingeschalteten Elektromagnet von einem Widerstande, der 80—100 Ohms beträgt. Durch diesen geht dann immer ein Bruchtheil des Stromes, gleichviel ob letzterer stark oder schwach ist. Aber mit dem Bogenwiderstande ändert sich auch das Verhältniss der Stromstärken in den beiden Magneten und folglich auch die von diesen auf die leicht bewegliche Eisenplatte ausgeübte Anziehung. Ein hoher Bogenwiderstand (grössere Entfernung der Kohlen von einander) wird bewirken, dass die Anziehung des kleinen Elektromagnetes überwiegt, also die Eisenplatte gehoben, die Bremsung geschwächt wird, und daher die obere Kohle nachsinken kann. Ein geringer Bogenwiderstand (also geringe Entfernung der Kohlen von

einander) wird den Magnet E kräftig machen, daher die Bremsung verstärken und ein weiteres Herabsinken der oberen Kohle hemmen. Der Nachschub der Kohlen hängt dann nicht mehr von der Stromstärke im äusseren Schliessungsbogen ab, sondern von der Differenz der Stromstärken in den beiden Elektromagneten, d. h. also den Stromkreisen innerhalb der Lampe. Hierdurch ist aber die Bedingung für die Hintereinanderschaltung mehrerer Lampen in einen Stromkreis erfüllt.

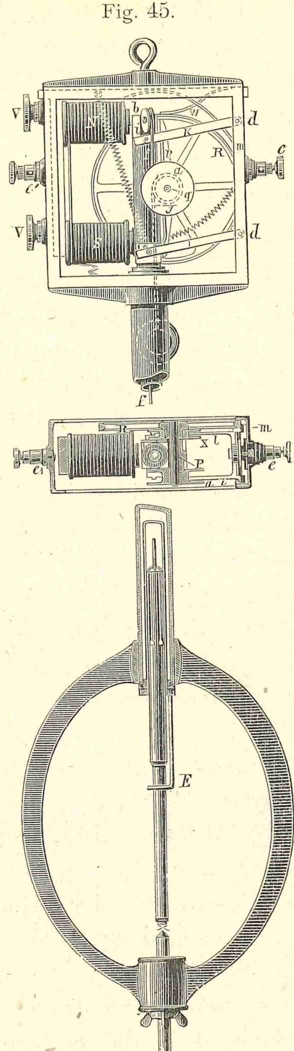
Lampe von Bürgin.

Die in Fig. 45 in einer Seitenansicht und einem Horizontalschnitte abgebildete Lampe besteht aus einer rechteckigen Büchse für den Regulirungsmechanismus, den Röhren für die Kohlenträger und aus der Laterne.

Der obere Kohlenträger hängt isolirt an der Saite f, während die untere Kohle in dem unteren Ende des Laternenträgers derart befestigt ist, dass sie mit dem ganzen Lampenkörper in leitender Verbindung steht. Der Elektromagnet NS ist durch die Schrauben $v\,v$ in horizontaler Richtung verstellbar. Das eine Drahtende desselben ist mit der isolirten Klemme c, das andere mit der kupfernen, die Führung und den Contact bildenden Röhre des oberen Kohlenträgers verbunden. Der Anker i ist die verticale Seite eines Parallelogrammes, welches sich um die beiden festen Punkte d drehen kann; die Arme k und l sind etwas gegen die horizontale Ebene geneigt und eine Veränderung dieses Neigungswinkels bewirkt eine Verschiebung der Armatur i im verticalen Sinne. Die Armatur ist selbst wieder ein Elektromagnet, dessen sehr dünne

Drahtwindungen von hohem Widerstande so geführt sind, dass die Pole dieses Elektromagnetes gleichnamig werden mit den ihnen gegenüber liegenden Polen des Elektromagnetes N S*) Die Enden der Armaturspirale sind einerseits mit der Klemme c, andererseits mit dem Lampenkörper verbunden. Die Armatur ist ihrer ganzen Länge nach hohl und trägt an ihrem oberen Ende die Rolle b. Das an der Armatur befestigte Stück p trägt das um die Welle q drehbare Rad R und die Rollen a und x für die Führung der Saite f, welche den oberen Kohlenträger hält, indem sie von diesem ausgehend, durch die hohle Armatur über die Rolle b laufend, sich auf der Trommel a aufwindet. y ist eine zweite Saite, welche auf der Trommel x aufgewunden ist; an

Fig. 45.



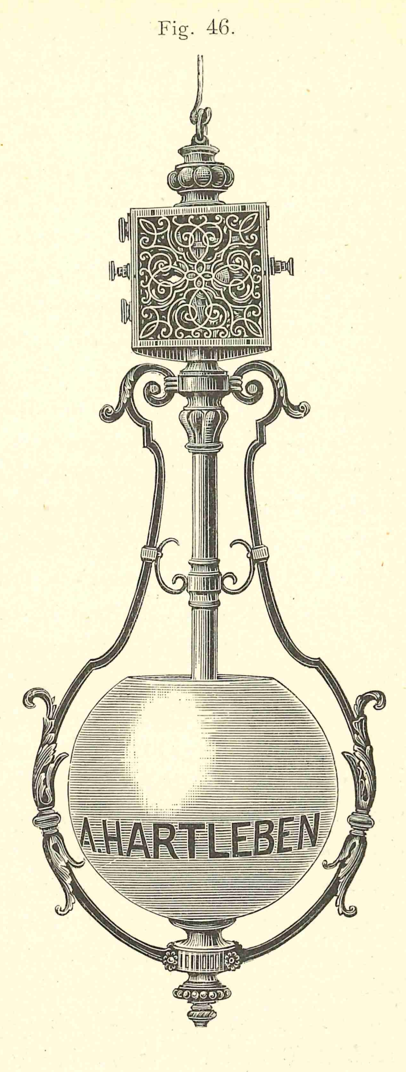
*) Nach einer von Bürgin und Alioth selbst herausgegebenen Beschreibung, während Schellen und Merling »ungleichnamige« Pole einander gegenüberstellen.

ihrem freien Ende hängt ein Kupferring, mit welchem man den oberen Kohlenträger wieder hinaufziehen kann. *w* ist eine als Bremse auf das Rad *R* wirkende Feder, *e* eine vom Lampenkörper isolirte und *e'* eine mit dem letzteren in leitender Verbindung stehende Klemmschraube.

Sobald ein Strom durch die Klemme *e* in die Lampe eintritt, theilt er sich in zwei parallele Ströme, deren einer die Spulen des Elektromagnetes *N S* und die beiden Kohlen, deren anderer die Drahtwindungen der Armatur durchläuft. Die Intensitäten der beiden Theilströme stehen im umgekehrten Verhältnisse der Widerstände ihrer respectiven Stromkreise, welche für den Draht der Armatur mehrere Hundert Ohms und für den Voltabogen 1 bis 3 Ohms betragen. Der Elektromagnet zieht seinen Anker an und dieser hebt gleichzeitig das Rad *R,* indem er es gegen die Bremse *w* drückt. Von diesem Moment an kann sich weder die Axe *q* drehen noch die Saite *f* abwickeln. Der obere Kohlenträger, welcher an letzterer aufgehängt ist, muss der aufsteigenden Bewegung der Armatur folgen, bis der Druck der Bremse *w* der Anziehungskraft des Elektromagnetes das Gleichgewicht hält. Auf diese Art wird der Lichtbogen gebildet.

Mit dem Abbrennen der Kohlen wächst der Widerstand des Lichtbogens immer mehr und ebenso der Zweigstrom in der Armatur, bis endlich die Abstossung der gleichnamigen Pole die Armatur sinken macht. Dadurch wird das Rad von der Bremse frei gegeben und der obere Kohlenträger sinkt vermöge eines Gewichtes hinab, d. h. die Kohlen nähern sich wieder einander.

Fig. 46.



Nun vermindert sich der Zweigstrom in der Armatur, und somit auch der Magnetismus derselben, und das ganze System tritt in den anfänglichen Gleichgewichtszustand zwischen der Anziehung des Magnetes und dem Drucke der Feder einerseits und dem Gewichte des Kohlenträgers andererseits. Dieses Spiel geht stetig vor sich und erhält den Bogen in constanter Länge.

Jede Lampe regulirt sich, indem sie der eigenen Bogenlänge folgt, hindert daher nicht, eine grössere Anzahl von Lampen in einen Stromkreis hinter einander zu schalten. Die Lampen werden ein- für allemal mit Hilfe der Schrauben *v v,* durch welche der Magnet der

Armatur näher gerückt oder von ihr entfernt wird, eingestellt, und zwar nach Belieben auf grösseren oder kleineren Bogen. Die magnetischen Anziehungen und Abstossungen sind, dank der speciellen Aufhängung der Armatur, directe Functionen der Intensität des Haupt- und Zweigstromes, da hierdurch die Entfernung der Magnetpole nahezu constant erhalten wird. Damit ist auch das ruckweise Bewegen, welches bei den gewöhnlichen Anordnungen durch die Abnahme der magnetischen Kraft mit dem Quadrate der Entfernung bedingt ist, vermieden.

Die Fig. 45 zeigt den Bogen in seiner tiefsten Stellung. Die ganze Länge, um welche der Lichtbogen sinkt, ist gleich einem Drittel der Länge der Kohlenstäbe. Dies ist die Länge, um welche sich die untere, negative Kohle in einer Periode verkürzt. Von der positiven Kohle verbrennt in derselben Zeit die doppelte Länge der negativen Kohle, das ist aber $^2/_3$, und da die positive Kohle in dieser Zeit der negativen nachfolgen muss, beschreibt erstere demnach einen Weg, der gleich ist ihrer ganzen Länge. Der positive Kohlenträger stösst in demselben Momente gegen einen Eisendraht *E*, als die untere Kohle ausgebrannt ist und erneuert werden muss; der Rest der positiven Kohle ist aber gerade ein Drittel der ganzen Kohle und daher gerade lang genug, um in einer neuen Periode als negative Kohle zu dienen. Der obere positive Kohlenträger erhält natürlich eine neue Kohle von der vollen Länge.

Eine solche Periode dauert 8 Stunden, wenn die Kohlen 0·5 Meter lang sind, einen Durchmesser von 13 Mm. besitzen, und ein Strom von 20 Ampères benützt wird. Der Strom verbraucht dann 6 Cm. Kohle per Stunde, von welchen 4 auf die obere und 2 auf die untere Kohle kommen; dies macht in 8 Stunden 48 Cm., und der Rest von 2 Cm. bleibt als unbrauchbar zurück.

Fig. 46 stellt eine mit Bronze reich verzierte Lampe dar; sie ist das Modell, welches in der internationalen Ausstellung für Elektricität in Paris functionirte und seitdem zur Beleuchtung von Speisesälen in Hôtels, Concertsälen etc. mehrfach benützt wurde. Die Zerstreuung des Lichtes besorgt eine Alabasterkugel von 50 Cm. Durchmesser.

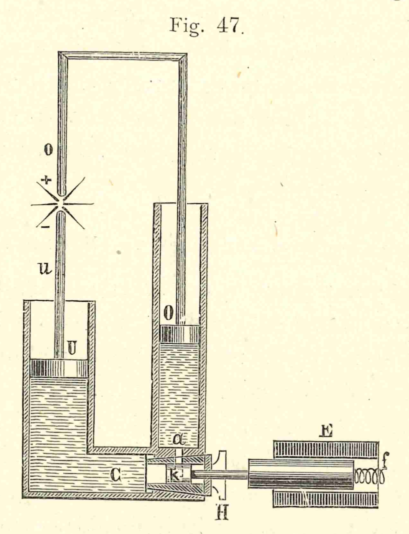
Lampen von Sedlaczek und Wikulill.

Bei diesen Lampen erfolgt die Regulirung dem Principe nach durch Anwendung zweier vertical stehender, cylindrischer und mit einander communicirender Röhren, die mit Glycerin gefüllt sind, auf welchem zwei luftdicht schliessende Kolben sich bewegen, so dass, wenn der eine Kolben sinkt, der andere steigen muss; das Einleiten dieser Bewegung erfolgt nach zwei Methoden, entweder unter Zuhilfenahme eines Elektromagnetes oder durch einen Centrifugalregulator.

L a m p e m i t E l e k t r o m a g n e t. Figur 47 zeigt dieselbe schematisch, Figur 48 in perspectivischer Ansicht. Die Kohlenstäbe *o* und *u* sind mit den Kolben *O* und *U* fest verbunden; die Durchmesser der letzteren sind so bemessen, dass *O* als Träger der oberen, positiven Kohle immer den doppelten Weg zurücklegt, wie *U*, der Träger der unteren, negativen Kohle. Das Resultat dieser Einrichtung ist, dass der Lichtpunkt

immer in constanter Höhe erhalten wird, was bei dieser Lampe gefordert werden muss, da sie mit einem Reflector versehen ist. Der Kolben *O*, massiv und schwer gearbeitet, drückt auf die Flüssigkeit, und hebt dadurch den Kolben *U*, während er selbst sinkt; die Bewegung dauert so lange an, bis sie an der Berührung der beiden

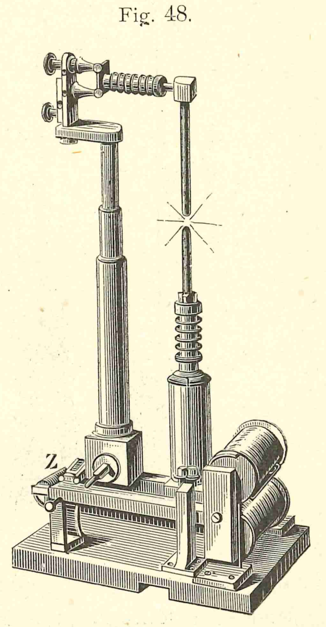
Fig. 47.



Kohlen *o* und *u* auf ein Hinderniss stösst. Die Berührung der Kohlen schliesst aber den Stromkreis und setzt hierdurch den gleichfalls eingeschalteten Elektromagnet *E* in Thätigkeit. Dieser zieht mit Hilfe seines Eisenkernes den Kolben *k* aus dem Hahn *H* heraus, und hebt dadurch die Verbindung zwischen beiden verticalen Cylindern auf; durch den Rückgang des Kolbens *k* ist jedoch gleichzeitig die Flüssigkeit unter dem Kolben *U* gesunken, also auch die Kohle *u* von *o*

etwas entfernt worden, und der Lichtbogen entstanden. Durch das Abbrennen der Kohlen vergrössert sich ihre Entfernung und somit auch der Widerstand im Schliessungsbogen, der Magnet *E* wird schwächer und die Feder *f* drückt den Kolben *k* wieder in den Hahn *H* hinein. Damit ist die Communication zwischen den beiden verticalen Röhren wieder hergestellt, der Kolben *U* presst vermöge seines Gewichtes wieder Flüssigkeit unter den Kolben *O*, und die beiden Kohlen nähern sich einander so lange, bis ihre Distanz so klein geworden, dass der Widerstand des Stromkreises so schwach ist (also der Strom, respective der Magnet, wieder die ursprüngliche Grösse erreicht hat), um durch Anziehung des Eisenkernes die Communication der verticalen Flüssigkeitssäulen neuerdings aufzuheben. Dieses Spiel geht stetig, ohne merkbaren Einfluss auf die Constanz des Lichtes auszuüben, vor sich.

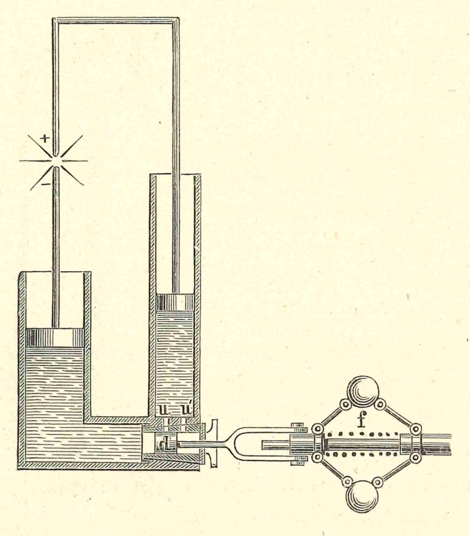
Fig. 48.



Um das Einsetzen neuer Kohlen leicht und rasch zu ermöglichen, gestattet der Hahn durch eine zweite Stellung die Verbindung der beiden verticalen Röhren durch eine weite Bohrung.

Lampe mit Centrifugalregulator. Diese zeigt schematisch Fig. 49. Der Kolben d im Hahne steht durch ein Gestänge mit einem Centrifugalregulator in Verbindung, dessen Umdrehung von der Maschine (Lichtmaschine oder Motor) besorgt wird. Beim An-

Fig. 49.



lassen der Maschine wird infolge des Auseinandergehens der Kugeln am Regulator der Kolben d herausgezogen, sperrt die Verbindung u zwischen beiden Cylindern ab und lässt den unteren Kolben durch Nachziehen der Flüssigkeit sinken. Hierdurch entsteht der Lichtbogen. Das Abbrennen der Kohlen erzeugt einen grösseren Widerstand und schwächeren Strom im Schliessungsbogen und daher eine raschere Rotation der Maschine. (Durch die Schwächung des Stromes wird

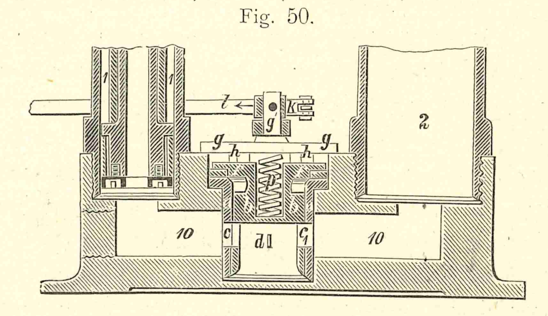
nämlich die Anziehung zwischen dem rotirenden Anker und den feststehenden Inductoren vermindert, daher auch die Arbeit des den Anker drehenden Motors geringer, weshalb er in schnelleres Laufen kommen muss.) Durch das Rascherlaufen der Maschine, also auch des Regulators, wird der Kolben d noch weiter herausgezogen, bis bei entsprechender Grösse des Lichtbogens eine zweite Oeffnung u^1 die Communication der Flüssigkeitssäulen wieder herstellt, und dadurch die Kohlen abermals einander näher rücken lässt. Der Strom wächst dann, die Maschine rotirt daher langsamer, und der Regulator schiebt den Kolben d wieder hinein, indem er die Durchgangsöffnung schliesst. Auch bei dieser Regulirung wiederholt sich der eben angegebene Vorgang während des ganzen Betriebes, und da sich der Regulator in sehr engen Grenzen bewegt, brennen die Kohlen gleichmässig ab.

Diese Construction der Locomotivlampe hat in jüngster Zeit insoferne eine neue Aenderung erfahren, als zu ihrer Regulirung die Differenzen in der Geschwindigkeit des stromerzeugenden Motors direct benützt werden.*) Sobald der Widerstand im Lichtbogenkreise wächst, wird die elektrische und somit auch die magnetische Kraft der Dynamomaschine geringer, was bei der hierdurch verminderten Arbeitsbeanspruchung des Antriebsmotors eine Vergrösserung von dessen Geschwindigkeit zur Folge hat. Diese Geschwindigkeitsschwankungen werden nun direct benützt, um die Communication der beiden Cylinder und damit auch die

*) Patentauszug, Uppenborn's Centralblatt f. Elektrotechnik, V. Bd. S. 25.

Stellung ihrer Kolben mit den Kohlenhältern zu variiren. Mit dem Centrifugalregulator des Antriebsmotors ist direct oder durch Hebelübersetzung eine Zugstange *l* (Fig. 50) verbunden, die an die Kurbel *k* einer Spindel g^1 anfasst. Diese Spindel trägt eine Scheibe *g*, welche durch Rippen *h* zwei überstehende Flügel *f* eines durch Spiralfeder *p* niedergehaltenen Kolbens *b* fasst und bei Drehung der Spindel g^1 auch den Kolben *b* dreht. Dieser Kolben sitzt in einer Büchse *a*, welche in dem

Fig. 50.



Verbindungscanal 10 der beiden Cylinder 1 und 2 angeordnet ist. Der obere Flantsch der Büchse *a* ist mit zwei oder mehr ansteigenden Schraubenflächen versehen, auf welchen die Flügel *f* des Kolbens *b* hinauf, beziehungsweise herabgleiten und so ein Heben des Kolbens bewirken. Büchse *a* und Kolben *b* sind nun mit Oeffnungen $c\ c^1$ und *d* versehen, durch welche beim Drehen und Heben des Kolbens die Communication zwischen den Cylindern 1 und 2 eine derartige wird, dass deren Kolben sich heben oder senken, je nachdem es die Erhaltung einer constanten Entfernung zwischen den von letzteren getragenen Kohlen erfordert.

Die Lampen wurden unter der Voraussetzung beschrieben, dass zu ihrem Betriebe Ströme gleicher Richtung angewandt werden, es hindert aber gar nichts, sie auch mit Wechselströmen zu betreiben. Man hat dann blos den beiden verticalen Cylindern gleichen Querschnitt zu geben. Auch ist die Anwendung der Lampen nicht auf Locomotive und Schiffe beschränkt, sondern kann auch anderweitig stattfinden.

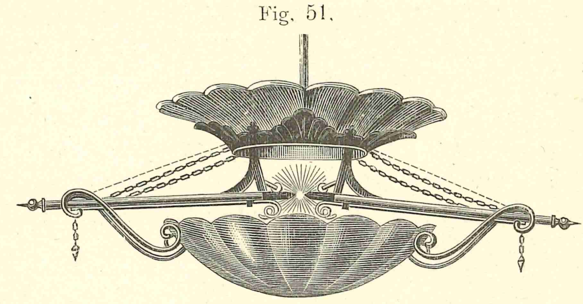
Das vorliegende Lampensystem eignet sich vermöge der grossen Empfindlichkeit und des Wegfalles von Zahnrädern, Kuppelungen, Rollen, Echappements etc. auch vorzüglich zur Theilung des elektrischen Lichtes, wo es in seiner ganzen Construction ungeändert bleiben kann, nur wird anstatt der Spiralfeder eine Spule mit grossem Leitungswiderstande eingeschaltet, wo an Stelle des gegenwärtigen Angriffspunktes der Spiralfeder ein Anker angewandt wird.

Lampe von Solignac.

Hier begegnen wir einer ganz originellen Art der Lichtbogenregulirung. Solignac verwendet nämlich die vom Lichtbogen erzeugte Wärme zur Regulirung desselben. Fig. 51 stellt die ganze Lampe, zum praktischen Gebrauche montirt, dar, Fig. 52 zeigt ihre Construction. Die Kohlen $K\ K_1$ sind beiläufig 50 Cm. lang und horizontal angeordnet. Sie werden durch zwei Federgehäuse *F* und zwei Schnüre oder Ketten *S*, welche sich um die Rollen *R* schlingen, gegen einander bewegt, indem die freien Kohlenenden mit den Rollen *R* verbunden sind und letztere in den Führungsstangen *TT*, geführt werden. Die Kohlen sind an ihrer Unterseite

mit dünnen Glasstäben *G* versehen, deren dem Voltabogen zugekehrte Enden, in kleiner Entfernung von diesem, gegen die Nickelansätze *A* stossen, deren Stellung durch Schrauben fixirt werden kann. Der Strom wird durch die Klemmschrauben *U*, das Gestelle und die Contactrollen *C* zu den Kohlen geleitet und tritt in diese ganz nahe dem Voltabogen ein, wodurch ermöglicht wird, dass der Strom während der ganzen Brenndauer der Lampe nur durch ein paar Centimeter Kohle zu gehen braucht. Das Ganze ist durch die

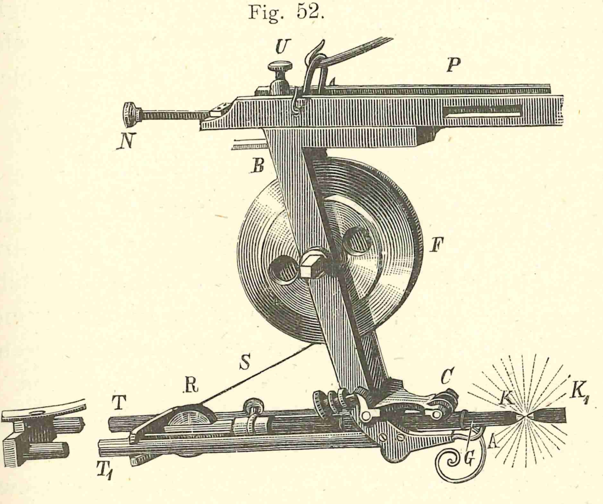
Fig. 51.



Platte *P* und die Backen *B*, welche gleichzeitig zur Stromleitung dienen, gehalten. Mit der Schraube *N* kann die Entfernung der beiden Lampenhälften vergrössert oder verkleinert werden und durch sie wird auch beim Beginne des Brennens der Bogen gebildet. Vorläufig erfolgt nämlich die anfängliche Herstellung des Bogens noch mit der Hand; Solignac ist aber gegenwärtig bemüht, diese Arbeit durch eine selbstthätige Vorrichtung mit Hilfe eines Solenoides und eines von diesem beeinflussten Zünders zu ersetzen.

Die Kohlen werden in ihrem Bestreben, gegen einander zu rücken, nur durch die bei *A* an die Nickelansätze stossenden Glasstäbe gehindert; da aber die Ansätze in unmittelbarer Nähe des Bogens sich befinden, und die Wärme, welche letzterer aussendet, sehr bedeutend ist, geschieht es, dass bei einer gewissen Länge des Bogens das Glühen der Kohlen die Ansätze und die daran stossenden Glüsstäbe so stark erhitzt, dass letztere weich werden und sich dann, wie die Figur

Fig. 52.



zeigt, zurückkrümmen. Dies geschieht unter Einfluss des Druckes, mit welchem die Kohlen vermöge der Feder *F* sich einander zu nähern streben. Im selben Masse, als die Kohlen abbrennen, erneuert sich der eben angegebene Vorgang und da er sich in unmerkbarer und continuirlicher Weise vollzieht, bemerkt man auch weder ein Zucken noch ein Schwanken im Lichtbogen. Die Regulirung des Lichtbogens wird also nur durch einen von ihm selbst erzeugten Effect, die Wärme,

bewerkstelligt, nicht durch irgend eine seiner Natur fremde Vorrichtung, wie bei allen anderen Regulatoren.

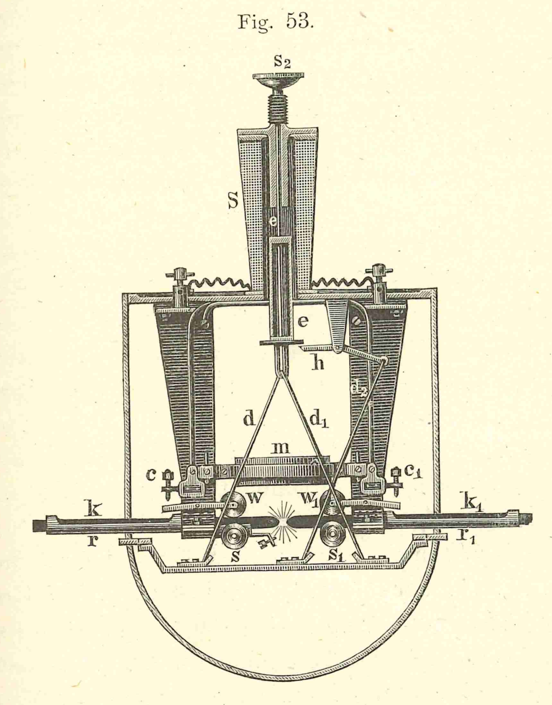
Du Moncel bezeichnet die von ihm mit dieser Lampe erzielten Resultate als sehr zufriedenstellend. Man konnte mit einer Maschine von Méritens fünf solcher Lampen in einem Stromkreise betreiben. Es ist jedoch ein Nachtheil der Lampe, dass sie den Bogen nicht selbstthätig bildet, daher sowohl das anfängliche Anzünden mit der Hand geschehen muss, als auch das Wiederanzünden, falls der Bogen aus irgend welchem Grunde auslöschen sollte.

Horizontal-Lampe von Siemens.

Gleich Solignac hat auch Siemens eine Lampe mit horizontal gestellten Kohlenstäben construirt; Figur 53 giebt ein Bild derselben. Die Kohlenstäbe k und k_1 sind hierbei in oben offenen Rinnen r und r_1 geführt und erhalten ihre Bewegung durch die Drehung zweier Rollen, die an ihren Aussenseiten mit den Scheiben $s\,s_1$ verbunden sind. Damit das Mitnehmen der Kohlenstäbe durch die Rollen sicher erfolgt, drücken auch von oben noch 2 Rollen $w\,w_1$ durch ihr Gewicht auf die Stäbe. Am oberen Theile der Lampe ist ein conisch gewickeltes und in einen Nebenschluss geschaltetes Solenoid S angebracht, in dem sich der cylindrische Eisenkern e bewegen kann; die Stange, an welcher dieser hängt, trägt an ihrem oberen Ende eine Schale s_2 zur Aufnahme von Bleischrot, um durch Auflegen von mehr oder weniger Blei die Anziehungskraft des Solenoides auf den Eisencylinder zu reguliren. Der Eisencylinder hält an seinem unteren Ende drehbar die

in einem Schlitten geführten Stangen $d\,d_1$. Oberhalb der Befestigungsstelle dieser Stangen ist am Eisenkerne e eine Platte angebracht, welche gegen den Hebel h stösst, der an seinem anderen Ende die an

Fig. 53.



dem früher erwähnten Schlitten befestigte Stange d_2 trägt.

Die Function der Lampe ist nun folgende: Ist die Lampe stromlos, so sinkt der Kern e herab, bewegt infolge dessen die Stange d_2 nach aufwärts und diese dreht hierbei die Scheibe s_1 in der Uhrzeigerrichtung; durch diese Drehung muss offenbar die Kohle k_1 von

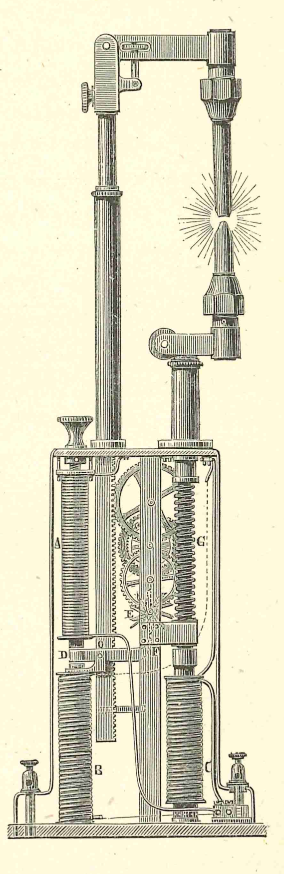
der Kohle k zurückweichen. Wird jetzt die Lampe in einen Stromkreis geschaltet, so zieht das Solenoid, durch welches zunächst der ganze Strom gehen muss, da sich die beiden Kohlen nicht berühren, den Eisenkern e hinauf; durch die damit verbundene Aufwärtsbewegung der Stangen $d d_1$ wird die Scheibe s in der Uhrzeigerrichtung, die Scheibe s_1 gegen die Uhrzeigerrichtung gedreht: die beiden Kohlenstäbe müssen sich also gegen einander bewegen. Jetzt geht aber der Hauptantheil des Stromes durch die sich berührenden Kohlen und nur ein Zweigstrom durch die Windungen des Solenoides; der Eisenkern sinkt, und durch das hiermit bewirkte Sinken der Stangen d und d_1 werden die Scheiben s und s_1 in der entgegengesetzten Richtung wie früher gedreht, d. h. die Kohlenstäbe entfernen sich von einander. Auf diese Art ist der Lichtbogen entstanden. Die Kohlen brennen ab und es vergrössert sich daher der Widerstand im Hauptstromkreise, wodurch der Strom im Solenoide wieder wächst. Der Eisenkern bewegt sich abermals nach oben unter Mitnahme der Stangen $d d_1$, und die Scheiben s und s_1 drehen sich in der ersterwähnten Richtung. Die Kohlen werden also neuerdings einander genähert u. s. w. Sollte aus irgend einer Ursache die Lampe erlöschen, so geht, wie anfangs, der ganze Strom durch das Solenoid und bringt, wie oben geschildert wurde, beide Kohlen ganz zur Berührung, worauf der Lichtbogen wieder entsteht. Sind die Kohlen ausgebrannt, so sinken die Führungsrollen w und w_1 herab und stellen bei c und c_1 Contacte her, durch welche die Lampe kurz geschlossen wird. Der Block m aus Marmor,

Kreide oder dergleichen, dient als Reflector und eine Glasglocke als Schutz gegen Luftströmungen.

Lampe von Fontaine.

Die Erhaltung einer constanten Lichtbogenlänge wird durch die Wirkung der drei Elektromagnete A, B und C (Fig. 54) erreicht. Ein um O drehbarer Hebel trägt an einem Ende den für die Elektromagnete A und B gemeinschaftlichen Anker D, an dem entgegengesetzten Ende den Sperrzahn F, welcher in das Sternrad E eingreifen kann. Dieses bildet das letzte Rad einer Zahnradübersetzung, deren erstes Rad in die gezahnte Stange des oberen Kohlenträgers eingreift. Der Anker des Magnetes C ist mit dem unteren Kohlenträger fest verbunden und wird durch eine kräftige Spiralfeder G vom Elektromagnete abgezogen. So lange die Lampe stromlos ist, schwebt der Anker D zwischen den Polen von A und B in der Mitte.

Fig. 54.



Wird die Lampe mittelst ihrer beiden Polklemmen in den Stromkreis einer Lichtmaschine eingeschaltet, so

geht der Strom von der linksseitigen Polklemme zum Elektromagnete *A* und zur rechtsseitigen Polklemme. *D* wird von *A* angezogen, der Zahn *F* tritt ausser Eingriff mit dem Sternrade *E* und der obere Kohlenträger sinkt vermöge seiner Schwere bis zur Berührung beider Kohlen herab. Im selben Momente theilt sich aber der in die Lampe eintretende Strom in drei Zweige, deren erster Zweig die eben angegebene Richtung einschlägt, deren zweiter durch die beiden Kohlen und den Elektromagnet *B* verläuft (in der Figur punktirt gezeichnet) und deren dritter endlich ebenfalls die beiden Kohlen passirt und dann den Elektromagnet *C* umkreist. Da der Elektromagnet *A* Windungen dünnen Drahtes besitzt, wird er nur schwach sein und die Kraft des Elektromagnetes *B* daher vorherrschen. Der Anker *D* bewegt sich deshalb abwärts, folglich der Sperrzahn aufwärts und das Räderwerk ist arretirt. Gleichzeitig zieht aber der Elektromagnet *C* seinen Anker an und bewirkt dadurch ein Abwärtsgehen des unteren Kohlenträgers: die beiden Kohlen entfernen sich also von einander, und der Lichtbogen entsteht. Durch Abbrennen der Kohlen wird der Elektromagnet *B* geschwächt, während *A* an Kraft gewinnt; die Anziehung des letzteren überwiegt endlich die des ersteren und der Anker *D* bewegt sich nach aufwärts. Der Sperrzahn *F* giebt das Räderwerk frei, und die obere Kohle kann so lange nachsinken, bis der Magnet wieder seine anfängliche Stärke erreicht hat, der Lichtbogen also abermals die ursprüngliche Länge besitzt. Der Elektromagnet *C* verändert hierbei seine Stärke nicht, weshalb auch die untere Kohle ihre Lage nie verändert. Die Lampe besitzt also keinen constanten Brennpunkt. Um sie für verschiedene Stromstärken anwenden zu können, ist am Deckel des Gehäuses eine Schraube angebracht, durch welche der Elektromagnet *A* gehoben oder gesenkt werden kann. Die Stromverzweigung in den Elektromagneten macht die Einschaltung mehrerer Lampen in einen Stromkreis möglich.

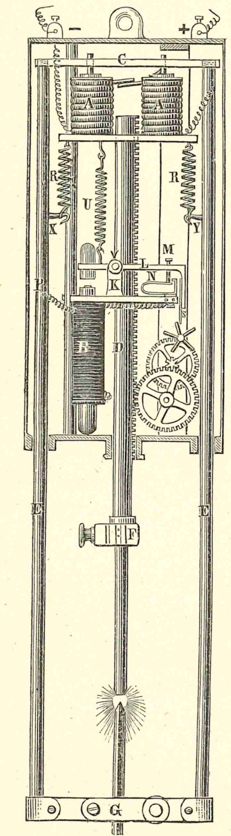
Lampe von Gramme.

Die Zahnstange *D*, Fig. 55, trägt die obere, positive Kohle und dient durch ihr Gewicht als Motor für die Bewegung der letzteren; die untere, negative Kohle wird an einem Querstücke *G* befestigt, welches mit zwei Stangen *E E* verbunden ist. Diese sind an ihrem Ende mit einer schmiedeisernen Traverse *C* verschraubt, welche den Anker zu den im Hauptstrome eingeschalteten Elektromagneten *A A* bildet, und welche durch die Spiralfedern *R R* immer nach aufwärts gezogen wird. Der in einem Nebenzweige eingeschaltete Elektromagnet *B* von grossem Widerstande besitzt einen Anker, welcher auf dem um *v* drehbaren Hebel *L* befestigt ist. Am anderen Ende des Hebels ist mit diesem fest verbunden ein Sperrzahn *s*, der in das Sternrad eingreifen kann. *U* ist eine Feder, welche den Anker vom Magnete *B* stets abzieht; *N* ist eine Contactfeder und *M* ein Contactstift.

Die Function der Lampe ist folgende: durch die Einwirkung der Federn *R R* und der Ansätze *X Y* wird in der Ruhelage das Ende des Hebels *L*, an welchem sich der Sperrzahn *s* befindet, immer in die Höhe gezogen, wodurch das Sternrad frei wird und die Zahn-

stange D vermöge ihres Gewichtes herabsinkt, bis sich beide Kohlen berühren. Der Strom kann nun durch die Lampe gehen. Er tritt bei der mit + bezeichneten Klemme ein, geht durch die Metallbestandtheile der Lampe zum oberen Kohlenträger D, dann durch die untere Kohle in die Stange E und von hier durch den Elektromagnet A A zu der mit — bezeichneten Klemme.

Fig. 55.



Bei P ist eine Abzweigung, durch welche ein Theil des Hauptstromes, ohne den Lichtbogen zu passiren, den Elektromagnet B umkreisen kann. Sein Weg geht aus der Masse der Lampe durch den Stift M in die isolirte Contactfeder N, dann durch den Elektromagnet B und bei P wieder in die Masse der Lampe zurück.

Sobald ein Strom durch die Lampe geht, zieht der Elektromagnet A A die Traverse C an, drückt somit die Stangen E E und mit diesen die untere Kohle hinunter, und stellt in solcher Weise den Lichtbogen her. In dieser Stellung bleibt der untere Kohlenhälter während der ganzen Zeit des Betriebes unverrückt stehen. Infolge der Abwärtsbewegung der Stangen E E und der Anziehung der Feder U kommt der

Sperrzahn s zum Eingriffe in das Sternrad, wodurch ein Nachsinken des oberen Kohlenträgers D verhindert wird. Der Elektromagnet B ist sehr gross und, wie erwähnt, besitzen seine Drahtwindungen einen hohen Widerstand; der in diesem circulirende Zweigstrom ist daher sehr schwach. Wird aber durch das Abbrennen der Kohlen der Voltabogen länger und somit der Widerstand im Hauptstromkreise grösser, so wird der Strom in diesem schwächer, im Nebenschlusse aber stärker. Der Elektromagnet B zieht seinen Anker an und bringt hierdurch den Sperrzahn s ausser Eingriff. Jetzt ist das Sperrrad und mit ihm das übrige Räderwerk frei, die Zahnstange und mit ihr die obere Kohle kann nachsinken. Im selben Momente wird aber auch der Contact des Stiftes M und der Feder N unterbrochen, und somit der Strom, welcher durch den Magnet ging, aufgehoben. Die Feder U zieht daher den Anker ab und wieder in seine Ruhelage zurück, wodurch das Räderwerk gehemmt und das Nachsinken der Kohle wieder unterbrochen wird.

Brennen die Kohlen weiter ab, so beginnt das obige Spiel von Neuem und so geht es fort, so lange die Lampe brennt.

Da die Stromstärke im Hauptstromkreise nicht plötzlich abnimmt, die im Nebenstromkreise infolge dessen nicht plötzlich zunimmt, so erfolgt das Nachschieben der Kohle nicht sprungweise, sondern continuirlich, stets mit dem Abbrennen der Kohlen gleichen Schritt haltend.

Die Lampe ist für Einzel- und getheiltes Licht zu verwenden.

Lampe von Weston-Möhring.

Diese für Theilungslicht bestimmte Lampe ist in Fig. 56 abgebildet. Der sehr einfache Regulirungsmechanismus ist in einer kleinen Büchse oberhalb der Lampe eingeschlossen. $E\ E_1$ ist ein Elektromagnet, dessen Anker A mit seinem oberen Ende etwas unterhalb des Magnetpoles E sich befindet, so lange durch die Drahtwindungen des Elektromagnetes kein Strom geht; der Anker ist durch zwei flache Federn F mit dem Gehäuse verbunden. Diese Aufhängung gestattet dem Anker eine Bewegung nach oben, sobald er durch den Elektromagnet angezogen wird. Die Feder S wirkt der Anziehung entgegen und kann durch die Schraube R und den Winkelhebel stärker oder schwächer gespannt werden. Am unteren Ende des Ankers ist der Hebel H drehbar befestigt, welcher eine Bohrung besitzt, um den oberen, positiven Kohlenträger K durchzulassen; die Axe des Bohrloches ist jedoch gegen die Axe des Kohlenträgers derart schief gestellt, dass der Kohlenträger bei der Aufwärtsbewegung des Ankers durch die Kanten des Bohrloches gefasst wird und die Bewegung mitmachen muss. Frei durchfallen kann er nur dann, wenn der Anker sich in der tiefsten Stellung befindet. Um die Heftigkeit der Aufwärtsbewegung beim Anziehen des Ankers durch den Elektromagnet zu vermeiden, ist mit dem Anker mittelst eines Gelenkes ein Kolben verbunden, der in dem mit Glycerin gefüllten Cylinder C sich bewegt. Der Kolben selbst besteht aus zwei Scheiben, deren jede mit 3 um je 120^0 von einander entfernten Bohrungen versehen ist. Die obere Scheibe ist mit der Kolbenstange fest verbunden,

während die untere um ihren Mittelpunkt gedreht werden kann. Es ist einleuchtend, dass durch Drehen dieser Scheibe die Bohrungen mehr oder weniger zur Deckung gebracht, also die Durchgangscanäle für das Glycerin beliebig weit gemacht werden können. Dies giebt ein Mittel an die Hand, die Schnelligkeit der Ankerbewegung nach Belieben zu reguliren.

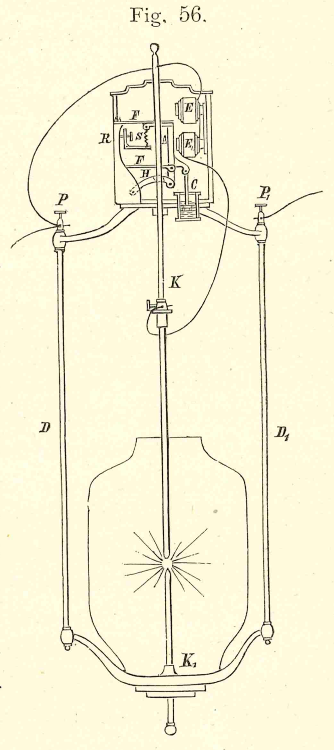


Fig. 56.

Der Elektromagnet $E\ E_1$ zeichnet sich durch eine ganz eigenartige Construction aus. Jeder der Schenkel trägt nämlich nicht weniger als drei Drahtspulen, und zwar, zunächst dem weichen Eisenkerne eine Spule dünnen Drahtes, auf diese folgt in der Richtung nach aussen zu eine Spule dicken Drahtes und die äusserste Spule besteht wieder aus Windungen eines dünnen Drahtes. Dabei sind die Windungen der Spulen derart geführt, dass ihre Richtungen im dünnen Drahte denen im dicken Drahte entgegengesetzt gerichtet sind. Die Spulen mit dickem Drahte liegen im Hauptstromkreise, jene mit dünnen Drähten in einem Nebenschlusse.

So lange durch die Lampe kein Strom geht, hält die abwärts ziehende Feder *S* den Anker *A* in seiner tiefsten Stellung, und der Kohlenhälter *K* kann durch die Oeffnung des Hebels *H* frei herabsinken, bis seine Kohle die des unteren Kohlenträgers trifft. Schaltet man nun die Lampe in den Stromkreis einer Elektricitätsquelle ein, so geht der Hauptstrom von der Polklemme *P* aus durch die dicken Drahtwindungen des Elektromagnetes zum oberen Kohlenhälter *K*, von diesem durch beide Kohlen und die Stange *D* zur Polklemme P_1. Ein Nebenstrom fliesst gleichzeitig von *P* aus zum Elektromagnet, umkreist diesen in seinen dünnen Drahtlagen in entgegengesetzter Richtung wie der Hauptstrom, und verlässt ebenfalls bei P_1 die Lampe. Der Nebenstrom wird äusserst schwach sein, da die beiden Kohlen im Hauptstromkreise sich berühren und daher geringen Widerstand bilden. Der Magnet wird deshalb durch den Hauptstrom einen kräftigen Magnetismus erhalten, da der diesem durch die dünnen Drahtlagen im Nebenschlusse entgegenwirkende Nebenstrom äusserst schwach ist. Der Anker *A* bewegt sich nach aufwärts und mit ihm auch der Hebel *H*. Die Bohrung des letzteren kommt dadurch in eine schiefe Stellung zum Kohlenträger *K* und zwingt ihn an der Aufwärtsbewegung theilzunehmen. Dadurch werden die Kohlen etwas von einander entfernt und der Lichtbogen gebildet.

Die Kohlen brennen ab, der Widerstand im Voltabogen vergrössert sich und somit nimmt auch die Stromstärke im Hauptstromkreise ab, während sie im Nebenstrome wächst. Die magnetisirende Wirkung der Spule mit dickem Drahte nimmt ab, jene der Spule mit dünnem Drahte zu und da diese beiden Kräfte einander entgegenwirken, wird die Anziehungskraft dieses Differentialmagnetes abnehmen. Der Anker *A* sinkt infolge dessen herab, und die Wirkung der Feder *S* bringt den Hebel *H* in eine solche Lage, dass dessen Oeffnung mit der Axe des oberen Kohlenträgers in eine Richtung kommt, und dieser gleitet nun herab. Er wird jedoch bald in dieser Bewegung gehemmt, da durch das Verkleinern des Voltabogens der Widerstand im Hauptstromkreise sofort abnimmt, und der Elektromagnet mit Hilfe seiner dicken Drahtwindungen wieder so sehr an Kraft gewinnt, dass er den Anker *A* neuerdings anzieht und durch das Aufwärtsbewegen des Hebels *H* den Kohlenhälter *K* abermals klemmt. Alle diese Vorgänge spielen sich rasch und stetig während der ganzen Brenndauer der Lampe ab. Die Länge des Bogens hängt von der Kraft ab, mit welcher die Feder *S* dem Magnete entgegenwirkt; sie kann daher verschieden starken Strömen entsprechend, durch verschiedene Spannung der Feder regulirt werden.

Lampen von Brush.

Die Construction derselben soll an dem einfachsten, früher für Einzellicht bestimmten älteren Modelle (Fig. 57) erläutert werden.

Eine verticale Messingsäule trägt an ihrem oberen Ende ein Solenoid *A* mit wenigen Windungen eines dicken Drahtes. Der Kern des Solenoides besteht aus einer schmiedeeisernen Röhre *C*, deren Gewicht zum Theile durch Spiralfedern *c* ausbalancirt ist. Unten an

diesem angebrachte Schrauben *d* erlauben die Spannung der Federn zu reguliren. Innerhalb des Eisencylinders befindet sich frei beweglich der Träger *B* der oberen, positiven Kohle. Der untere Kohlenträger

Fig. 57.

Fig. 58.

ist durch Schraube *G* mit seinem Fusse verstellbar. Der Eisencylinder *C* trägt einen Haken, der unterhalb des Ringes *D*, durch welchen der obere Kohlenträger frei hindurchgeht, eingreift.

Wenn das Solenoid stromlos ist, so liegt der Ring *D* auf der Grundplatte des Gehäuses auf, und

der obere Kohlenträger fällt frei herunter bis seine Kohle auf die untere Kohle trifft. Werden jedoch die Klemmen + und — mit den entsprechenden Polen einer Elektricitätsquelle verbunden, so geht der Strom durch die verticale Säule in des Solenoid, von diesem in die obere Kohle und durch die untere Kohle zur zweiten Klemme. Dann zieht das Solenoid das Eisenrohr *C* hinein und hebt mittelst seines Hakens den Ring *D* einseitig; die Kanten der Ringöffnung fassen den Kohlenträger *B* und dieser, so am Hinabgleiten gehindert, muss vielmehr die Aufwärtsbewegung des Cylinders *C* mitmachen, also die beiden Kohlen von einander entfernen.

Der auf diese Weise erzeugte Lichtbogen wird mit dem Abbrennen der Kohlen immer länger, der Strom im Solenoid aber durch den in solcher Art vermehrten Widerstand des Schliessungsbogens immer schwächer und deshalb wird auch der Cylinder *C* langsam herabsinken; dadurch wird aber der Ring sich wieder horizontal auf die Grundplatte des Gehäuses auflegen können, und damit dem Träger *B* ein neuerliches Herabsinken, also Näherbringen beider Kohlen gestatten. Dann wird aber der Strom sofort wieder wachsen, und das Solenoid den Eisencylinder unter Mitnahme des Ringes neuerdings heben. Die Bewegung des Ringes nach oben ist durch die verstellbare Anschlagschraube *E* begrenzt. Bei normaler Function der Lampe wird die ganze Bewegung darin bestehen, dass der Ring in regelmässigen Zwischenpausen einseitig gehoben wird und das Nachsinken der oberen Kohle zeitweise hindert.

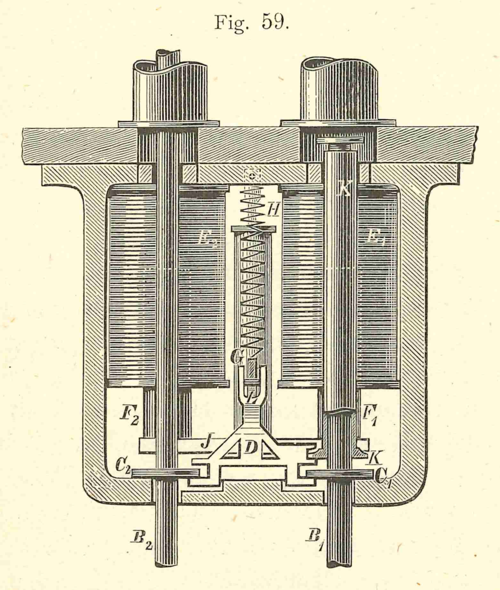
Die Lampen für Theilungslicht haben ganz denselben Regulirungsmechanismus, nur das Solenoid *A* besitzt doppelte Windungen, von welchen die inneren, aus dickem Drahte gebildet, in den Hauptstromkreis, die äusseren, bestehend aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes, derart in einem Nebenschlusse angebracht sind, dass die Stromrichtung in der äusseren jener in der inneren Spirale entgegengesetzt ist. Das Solenoid wirkt dann immer mit der Differenz der magnetischen Momente beider Ströme und zwar in folgender Weise: Wenn sich anfangs beide Kohlen berühren, wird zunächst ein kräftiger Strom durch die Spirale aus starkem Drahte, ein sehr schwacher Strom durch die im Nebenschlusse befindliche Spirale aus dünnem Drahte fliessen. Der Eisencylinder wird mit der Differenz der beiden magnetischen Momente in das Solenoid hineingezogen, und bildet durch Hebung des oberen Kohlenträgers den Lichtbogen. In dem Masse, als dieser die Kohlen verzehrt, wächst der Widerstand im Hauptstromkreise, und sinkt daher dessen Stromstärke; im Nebenschlusse, der feindrähtigen Spirale wird hingegen der Strom wachsen. Die Differenz der magnetischen Momente beider Spiralen wird immer kleiner, daher ihre Anziehungskraft auf den Eisencylinder immer schwächer; dieser sinkt herab, der Ring stellt sich mehr und mehr horizontal und lässt den oberen Kohlenhälter nachsinken.

Um ein zu rasches Nachsinken des Kohlenträgers zu verhüten, ist derselbe als Röhre geformt und mit Glycerin gefüllt; in dasselbe taucht ein Kolben mit versetzten Bohrlöchern, dessen Stange am oberen Theile

der Lampe befestigt ist; da die Röhre (der Kohlenträger) nur mit der Schnelligkeit sinken kann, als das Glycerin durch den Kolben fliesst, ist hiermit eine Dämpfung der Bewegung erreicht.

Die Lampe ist ferner mit einem zweiten Nebenschlusse ausgerüstet, dessen Zweck darin besteht, eine

Fig. 59.



Lampe, welche aus irgend einer Ursache verlischt, aus dem Stromkreise auszuschalten, ohne das Brennen der übrigen Lampen zu stören. Hierzu wird ein Elektromagnet verwendet, der gleichfalls mit dünnen und dicken Drähten umwunden ist. Wird nun aus irgend einem Grunde der Hauptstrom in der Lampe unterbrochen, so geht ein kräftiger Strom durch den dünnen Draht

dieses Elektromagnetes; dieser zieht seinen Anker an und schaltet hierdurch die Spirale mit dickem Draht in den Stromkreis ein. Der Strom geht nun durch den Anker der Ausschaltevorrichtung, durch die wenigen Windungen dicken Drahtes derselben und zur nächsten Lampe. Die Spirale mit dünnem Drahte wird stromlos und dadurch einem unnützen Stromverluste vorgebeugt.*)

Die Lampen werden mit schwach verkupferten Kohlenstäben von 12 Mm. Durchmesser und 0·305 Mtr. Länge versehen. Bei der Anwendung eines Stromes von 10 Ampères haben sie eine Brenndauer von 8 Stunden.

Für grössere Brenndauer construirte Brush Lampen mit zwei oder mehreren Kohlenpaaren. Eine Lampe mit zwei Kohlenpaaren ist in Figur 58, als Strassenlaterne montirt, abgebildet, und Figur 59 zeigt die Construction ihres Regulirungsmechanismus. Zwei neben einander stehende Kernspulen E_1 E_2, in welche zwei unter sich verbundene, einem Hufeisen-Elektromagnete ähnliche Eisenkerne F_1 F_2 hineinragen, sind mit einigen Windungen dicken und vielen Windungen dünnen Drahtes bewickelt. Der dicke Draht führt den Strom dem Lichtbogen zu, der dünne bildet einen Nebenschluss zur ganzen Lampe. Die Verbindungen sind in der Weise gemacht, dass beide Wickelungen im entgegengesetzten Sinne von den Strömen durchflossen werden, so dass der Zweigstrom die Wirkung des Hauptstromes schwächt. Die Widerstände und Windungszahlen sind so bemessen, dass bei der normalen Länge des Lichtbogens (2 Mm.) die Wirkung des Hauptstromes stärker ist als diejenige des Zweigstromes, da er einem Theile des Gewichtes der Kohlen und Kohlenhälter das Gleichgewicht zu halten hat. Infolge der eigenen Schwere berühren sich die Kohlenstäbe; tritt ein Strom in die Lampe, so ziehen die Spulen die Eisenkerne in sich hinein, die Kohlen werden vermittelst der Klemmringe von einander entfernt, bis durch Zunehmen des Bogens und durch hiermit bedingtes Wachsen seines Widerstandes der Zweigstrom so stark wird, dass der Eisenkern nicht weiter gehoben wird, der Lichtbogen also eine bestimmte Länge erreicht.

*) Eingehendere Angaben über diesen Ausschalter findet man in der »Elektrotechnischen Zeitschrift« 1882, S. 228 u. f.; der auch die Beschreibung der Lampe mit Doppelkohlen entlehnt ist.

Nachdem der Hauptstrom die beiden Spulen, deren dicke Windungen einander parallel geschaltet sind, durchlaufen hat, gelangt er auf den Lampenkörper, von da durch feindrähtige, in der Figur nicht angegebene Metallpinsel, auf die oberen Kohlenhälter, durch den Lichtbogen zur unteren Kohle und von da zur Ableitungsklemme. Die beiden vereinigten Eisenkerne F_1 F_2 wirken an einem einarmigen Hebel L; derselbe trägt an einem Ende die bereits beschriebene Glycerindämpfung, ferner eine Spiralfeder H, durch die ein Theil des Gewichtes der Kohlen, Kohlenhälter u. s. w. ausgeglichen ist, und endlich nahe seinem Drehpunkte einen kleinen Rahmen D, durch den die Klemmringe C_1 und C_2 gehoben werden. Dadurch, dass der eine Einschnitt des Rahmens etwas weiter ist als der andere, wird bewirkt, dass die eine Kohle früher gehoben wird als die andere, weil der engere Einschnitt den in ihm

liegenden Ring früher erfasst, als dies der weitere thut. Beim Abwärtsgehen des Rahmens wird diese zuletzt erfasste Kohle frei gemacht, während die andere noch festgeklemmt ist. Durch das Abbrennen der Kohle würde der Lichtbogen länger und länger werden, wenn nicht in demselben Masse, als der Lichtbogenwiderstand steigt, die Zweigleitung mehr Strom erhielte und dadurch ein entsprechendes Sinken der Kohle bewirkt würde. So wird zunächst nur die eine Kohle nachregulirt, bis sie so weit abgebrannt ist, dass sich ein an der betreffenden Stange befindlicher Knopf auf das sie umgebende und auf dem Rahmen aufliegende Rohr *K* stützt. Die Kohle kann nun nicht weiter nachrücken.

Bei weiterem Abbrennen der Kohle und demzufolge durch die Spulen bewirktem Sinken des Rahmens wird der zweite Kohlenhälter frei gemacht; diese Kohlen kommen zur Berührung, der Lichtbogen geht auf diese über und das Nachreguliren der zweiten Oberkohle nimmt seinen Verlauf, wie vorher für die erste. Damit sich die Kohlen beim Nachrücken nicht zu schnell bewegen, sind die von den Klemmringen umgebenen Stangen ebenfalls mit Glycerindämpfung versehen.

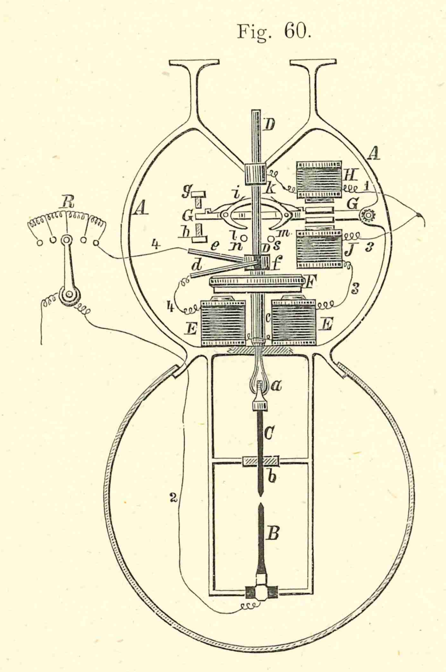
Ist das letzte Kohlenpaar so weit abgebrannt, dass die obere Kohle nicht weiter nachrücken kann und der Lichtbogenwiderstand über sein gewöhnliches Mass gewachsen ist, so tritt die vorhin beschriebene Ausschaltevorrichtung in Thätigkeit.

Regulatorlampe von Edison.

Edison's Lampe hat den Zweck, den Lichtbogen fortwährend constant zu erhalten und einen gleichen

Verbrauch beider Kohlen herbeizuführen. Dieser Zweck soll damit erreicht werden, dass einem der beiden Kohlenstifte, oder auch beiden, um die verticale Axe eine rasche Rotation ertheilt wird. Im ersteren Falle

Fig. 60.



macht die Kohle 2000—3000 Umdrehungen per Minute, im letzteren Falle drehen sich die Kohlen einander entgegengesetzt und machen dann nur die halbe Tourenanzahl. Zur Drehung der einen Kohle, in der Figur 60 der oberen Kohle, dient ein Motor nach Pacinotti. Die positive Kohle *C* sitzt mittelst Kugelgelenkes *a* an der Metallstange *D* und ist nahe ihrem

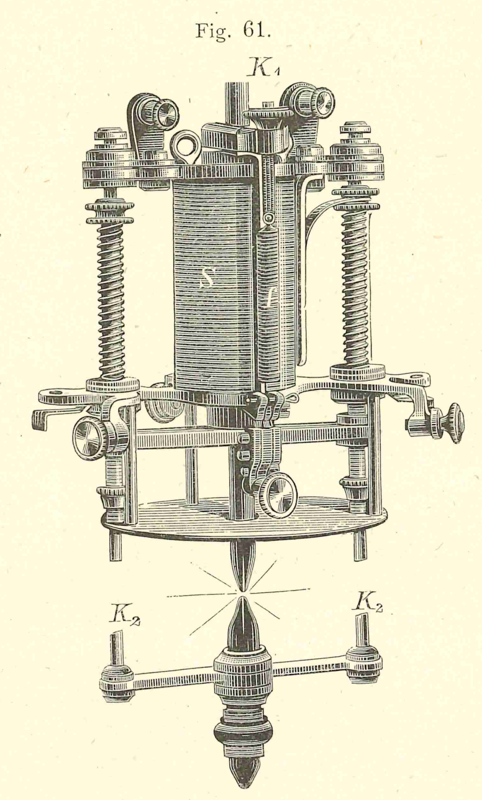
unteren Ende bei *b* geführt. Der umlaufende Anker *F* des Motors sitzt auf einer Hülse *c* über den Polen der Elektromagnete *EE*, die auf dem Boden des Gehäuses *A* befestigt sind. Auf der Stange *D* ist der Stromunterbrecher *f* angebracht, auf welchem die Commutatorfedern *d* und *e* schleifen, die den Elektromagneten *EE* den Strom des Motorstromkreises 3 und 4 zuführen. Ein justirbarer Widerstand *R* gestattet die Regulirung dieses Stromes. Zwischen den Elektromagneten *H* und *J*, von denen ersterer in den Lampenstromkreis 1, 2, letzterer in den Motorstromkreis 3, 4 eingeschaltet ist, liegt ein am Ende drehbarer Hebel *G*, dessen Ausschlag durch Anschläge *g* und *h* begrenzt ist, und welcher mit Klauen *ik* versehen ist, die den Kohlenhalter *D* festhalten. Wird der Widerstand im Lampenstromkreise zu schwach, so überwiegt von den beiden Elektromagneten *H* und *J* der letztere, zieht den Hebel *G* nach unten, und dessen Klauen *i* und *k* stossen mit ihren Armen *l* und *m* auf die Stifte *n* und *s*, drehen sich und lassen den Halter *D* mit der Kohle nach unten gleiten. Sobald die Kohlen *C* und *B* einander wieder nahe genug sind, zieht der nun stärker gewordene Elektromagnet *H* den Hebel *G* wieder nach oben und die Klauen *i*, *k* legen sich neuerdings an den Kohlenhalter an.

Lampe von Gérard.

Diese in Figur 61 abgebildete Lampe besteht aus einem Solenoide *S*, welches in einen Nebenschluss geschaltet ist, und in dessen Höhlung sich der obere Kohlenträger K_1 frei bewegen kann. Das Solenoid

besitzt oben und unten je einen Anker; der obere ist durchbohrt, um die oberen Kohlenträger durchzulassen, und wird durch die Gegenfeder *f* vom Solenoide

Fig. 61.



abgezogen. Am unteren Anker ist der untere Kohlenträger K_2 befestigt.

Im Ruhezustande der Lampe ist natürlich keiner der Anker angezogen, und daher der untere Kohlen-

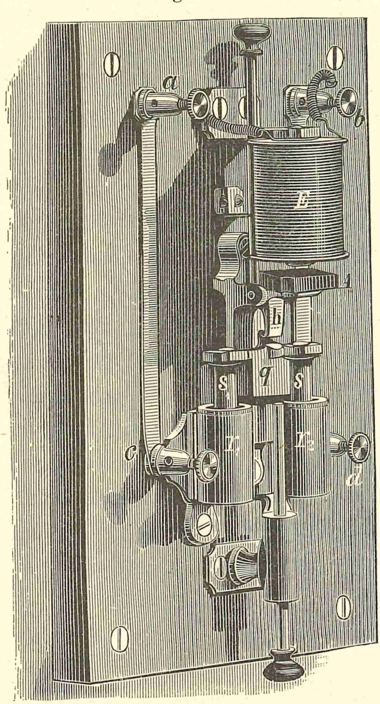
träger nach abwärts gesunken, der obere durch die als Bremsring wirkende obere Armatur des Solenoides festgehalten; die Kohlenspitzen sind deshalb ausser Berührung.

Sobald der Strom in die Lampe eintritt, muss infolge des eben angegebenen Zustandes der Lampe der ganze Strom durch das Solenoid im Nebenschlusse gehen; dieses zieht den unteren Anker an und hebt dadurch den unteren Kohlenträger; es zieht aber auch den oberen Anker an, die Bremswirkung hört auf und die obere Kohle kann frei herabfallen, bis sie mit der unteren zur Berührung kommt. Sobald dies geschehen, verläuft aber sofort der Hauptstrom durch die Kohlen, und das Solenoid wird nahezu stromlos; es lässt seine beiden Anker los, wodurch die untere Kohle sinkt, die obere gebremst und etwas gehoben, also der Lichtbogen hergestellt wird. Wächst durch das Abbrennen der Kohlen der Widerstand im Hauptstromkreise, so gewinnt das Solenoid wieder an Kraft, zieht seine beiden Anker an und lässt dadurch beide Kohlen sich gegen einander bewegen.

Um durch das Erlöschen einer Lampe nicht auch die übrigen Lampen im selben Stromkreise zu stören, verwendet Gérard einen automatischen wirkenden Ausschalter. (Figur 62.) Die Klemmschrauben a und b sind einerseits durch einen Nebenschluss mit dem Lampenstromkreise in Verbindung, andererseits mit dem Elektromagnete E von hohem Widerstande. Der drehbare Anker A trägt an seiner unteren Seite einen Haken h; dieser greift in einen Ausschnitt des mit 2 Stangen s_1 und s_2 versehenen Querstückes q ein und hält dieses,

so lange der Anker nicht durch die Anziehung des Magnetes gedreht wird, in der Schwebe. Die beiden Stangen tauchen in die zum Theil mit Quecksilber

Fig. 62.



gefüllten Röhrchen r_1 r_2 ein, und letztere stehen mit den Klemmschrauben c d in leitender Verbindung. So lange die Lampe brennt, geht durch den Magnet E des Ausschalters nahezu kein Strom, da dessen Widerstand ein zu hoher ist. Erlischt jedoch die Lampe, so wird der Magnet E kräftig, zieht seinen Anker A an

der sich infolge dessen derart dreht, dass der Haken *h* ausser Eingriff mit dem Querstück *q* kommt und dieses fallen lässt. Nun tauchen die beiden Stäbe s_1 s_2 in das Quecksilber ein, und der Strom verläuft, ohne die Lampe zu passiren, von der Klemme *a* nach *c* in das Gefäss r_1, dessen Quecksilber, die Stange s_1 und das Querstück *q* zum zweiten Quecksilbergefäss r_2 und durch dessen Klemmschraube *d* weiter zu den nächsten Lampen.

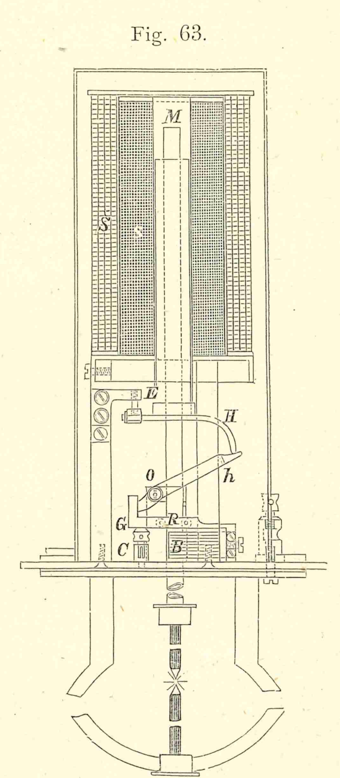
Regulatorlampe von Schulze.

Schulze bedient sich zur Hemmung des Kohlenträgers einer ähnlichen Vorrichtung wie Brush, wendet aber, was vortheilhafter ist, hierzu Rollen an. Die Lampe (Fig. 63) besitzt zwei Solenoide, die über einander gewickelt sind, von welchen das innere *s* aus dünnen, das äussere *S* aus dicken Drähten gebildet ist. Der Kern dieses Doppelsolenoides ist ein hohler Eisencylinder *E*, der mit seiner Basis auf dem Hebel *H* aufruht; dieser wirkt durch den um *O* drehbaren Hebel *h* auf die Sperrvorrichtung *G R*. Letztere besteht aus einem Rahmen *G*, in welchem sich die Rollen *R* drehen können; sie sind so angebracht, dass die Messingstange *M*, welche den oberen Kohlenträger bildet, frei durchgleiten kann, wenn der Rahmen horizontal steht. Im Eisencylinder *E* kann sich der Kohlenträger gleichfalls ohne Widerstand bewegen.

Ist die Lampe im Ruhezustande, so befindet sich der Eisencylinder in seiner tiefsten Stellung, d. h. er drückt auf den Hebel *H* und bewirkt durch die Schiefstellung des Rahmens *G* eine Klemmung des oberen

Kohlenträgers; die Kohlen werden sich also in der Regel nicht berühren.

Fig. 63.



Tritt durch die Schleifbürste *B* der Strom in die Lampe ein, so kann er zunächst nur durch das innere Solenoid (mit Windungen dünnen Drahtes) gehen und verlässt dann durch das Gestelle die Lampe. Nun wird der Eisencylinder durch das Solenoid gehoben, der Hebel *H* bewegt sich nach aufwärts, und *h* lässt das Gestelle *G* sinken. Dadurch kommt letzteres in eine mehr horizontale Lage und die Messingstange *M* kann mit ihrer Kohle durch die Rollen *R* herabgleiten, bis sich beide Kohlen berühren. Nun verzweigt sich der bei *B* eintretende Strom in zwei Zweige; ein Theil legt den eben beschriebenen Weg zurück, während der Hauptantheil durch die Kohlen geht. Das Solenoid wird deshalb etwas schwächer und lässt den Eisenkern ein kleines Stück abwärts gehen, wodurch der Rahmen *G* den Kohlenträger klemmt und etwas hebt. Auf diese Art bildet sich der Lichtbogen. Das Abbrennen der

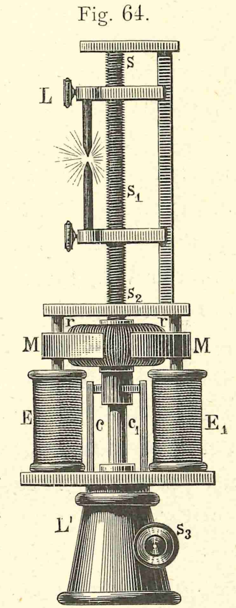
Kohlen bewirkt eine Stromzunahme im dünndrähtigen Solenoide, dieses zieht den Eisencylinder abermals in die Höhe und lässt auf diese Weise den oberen Kohlenträger wieder herabsinken. Sind die Kohlen ausgebrannt, so erlischt die Lampe und der Eisencylinder wird in das Solenoid noch weiter hineingezogen. Dadurch sinkt das Gestelle *G* so tief, dass es einen Contact bei *C* schliesst, welcher dem Strome einen Weg in das dickdrähtige Solenoid öffnet. Der Eisencylinder wird nun ganz in das Solenoid hineingezogen, der Kohlenhälter ist völlig frei und kann behufs Einführung neuer Kohlen hinaufgeschoben werden.

Lampe von Tschikoleff.

Wenngleich diese Lampe keine grosse Verbreitung gefunden hat, ist sie doch deshalb von Interesse, da sie als die erste sogenannte Differentiallampe zu betrachten ist. Tschikoleff, Vorstand der Beleuchtungsabtheilung der russischen Artillerie, hatte sie schon seit 1877 in Gebrauch. Die Construction dieser Lampe ist aus Fig. 64 ersichtlich. *E* bedeutet einen Elektromagnet mit dicken Drahtwindungen, E_1 einen Elektromagnet mit Windungen eines dünnen Drahtes. *M M* sind die halbkreisförmig gebildeten Pole dieser beiden Magnete, welche den Gramme'schen Ring *r r* in $^2/_3$ seines Umfanges umfassen. An den Trägern c c_1 sind die auf dem Stromsammler des Ringes schleifenden Contactbürsten befestigt. Die Axe des Gramme'schen Ringes ist nach oben verlängert und sind in ihr Schrauben von einander entgegengesetzter Richtung eingeschnitten, und zwar von s_1 bis s_2 in der einen und von s_1 bis s in

der anderen Richtung. Je einer der Kohlenträger bildet zu diesen beiden Schrauben die Mutter. Die Gewindhöhe beider Schrauben ist dieselbe, wenn die Lampe mit Wechselströmen betrieben wird, aber von einander verschieden, wenn gleichgerichtete Ströme angewandt werden sollen. Eine Stellschraube s_3 dient zum Heben oder Senken des Lichtbogens, was für den Fall Bedeutung gewinnt, als ein Reflector benützt werden soll.

Fig. 64.



Der Strom tritt bei *L* in die Lampe ein und findet hier zunächst zwei Wege für seinen Durchgang; ein Theil läuft durch die Kohlen, die dicken Drahtwindungen des Magnetes *E* und verlässt die Lampe bei L_1; ein zweiter Theilstrom geht von *L* aus durch die Windungen des Magnetes E_1 mit dünnen Drähten und von diesem bei L_1 aus der Lampe heraus. Der durch den Lichtbogen gehende Strom findet aber ausser dem früher angegebenen Wege durch *E* noch einen zweiten Weg durch den Träger *c* und die zugehörige Bürste in den Gramme'schen Ring und von diesem durch c_1 nach L_1 zurück, so dass also im Ganzen drei Theilströme durch die Lampe gehen. Bei Einschaltung der Lampe in einen Stromkreis wird zunächst der weitaus grösste Theil des Stromes durch die sich berührenden Kohlen gehen, dann zum Theil die Windungen des Elektro-

magnetes E, zum Theil den Gramme'schen Ring durchlaufen; die Spule E_1 wird wegen ihres hohen Widerstandes nahezu stromlos sein. Im Gramme'schen Ringe bilden sich Pole, deren Verbindungslinie senkrecht auf der Verbindungslinie der beiden Magnetpole MM steht. Der stark magnetische Pol M wird nun dem Ringe eine der Windungsrichtung seines Magnetes und der Polvertheilung im Gramme'schen Ringe entsprechende Drehung geben und bei richtiger Construction die Schraubenspindel $s\ s_2$ derart drehen, dass sie vermöge ihrer beiden einander entgegengesetzt eingeschnittenen Schrauben die Kohlenträger von einander entfernt. Dadurch bildet sich der Lichtbogen. Die Kohlen brennen ab, der Widerstand in ihrem Stromkreise wächst, und die Stromstärke muss abnehmen. Im selben Masse wächst jetzt der Strom in der Zweigleitung, welcher der Elektromagnet E_1 mit feinen Drahtwindungen angehört, und endlich erreicht er eine solche Stärke, dass der Pol des letzterwähnten Magnetes kräftiger wird als jener des Magnetes mit starken Drähten. Der nun kräftig gewordene Magnetpol dreht aber den Gramme-schen Ring in der entgegengesetzten Richtung, d. h. die Kohlen werden einander genähert. Beim regelmässigen Brennen der Lampe steht daher der Gramme'sche Ring und somit die Entfernung der beiden Kohlen stets unter der Differentialwirkung der magnetischen Kräfte der beiden Elektromagnete E und E_1. — Die Regulirung des Bogens erfolgt bei der Lampe von Tschikoleff ohne Mitwirkung von Rädern und ohne irgend welche Auslösungsvorrichtung. Obwohl unter sonst gleichen Umständen Lampen ohne Auslösung solchen mit Auslösung vorzuziehen sind, weil ihre Regulirung stetiger vor sich geht, darf doch bei der jetzt besprochenen Lampe nicht übersehen werden, dass zur Bewegung des Gramme'schen Ringes der eine oder der andere Magnetpol immer erst eine gewisse Stärke erreicht haben muss, also ein gewisser Zeitraum erforderlich ist, bis der Ring sich dreht, weil in der Schraube Reibung stattfindet, die durch die Anziehungskraft der Magnete überwunden werden muss. Die Länge des Lichtbogens bleibt deshalb keine absolut constante.

Differential-Ringlampe von Schuckert.

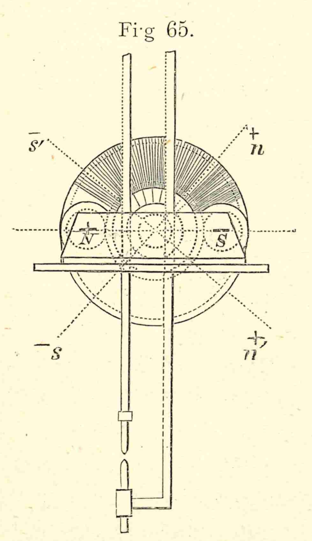
Auch Schuckert's Lampen sind im Principe elektromagnetische Maschinen, deren Gramme'scher Ring jene flache Gestalt erhalten hat, welche Schuckert bei seinen Lichtmaschinen verwendet. Dieses Princip ist in einer Reihe verschiedener Constructionen praktisch ausgeführt worden.*) Bei der ersten Construction war der Ring horizontal angeordnet und rotirte zwischen den Polen zweier vertical gestellter Elektromagnetpaare.

Je nachdem die im Haupt- oder Nebenstromkreise geschalteten Magnete kräftiger wurden, erfolgte die Drehung des Ringes in der einen oder anderen Richtung. Die Uebertragung dieser Bewegung auf die Kohlen kann in verschiedener Art erfolgen; es wurde z. B. die verlängerte Axe des Ringes, zugleich Träger der oberen Kohle, mit einem Schraubengewinde versehen, dessen Mutter in den Ring eingeschnitten ist.

*) Uppenborn, Zeitschr. f. angew. El.-L. Bd. III. S. 366 und 466, Bd. IV. S. 115.

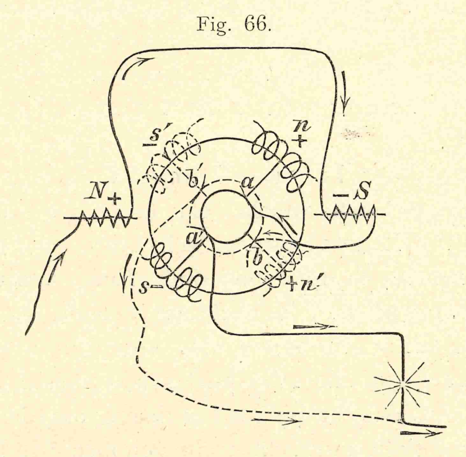
Bei einer zweiten Art der Construction wurde der Ring vertical angeordnet und mit zwei Gruppen verschieden dicker Drahtabtheilungen bewickelt, während nur ein Elektromagnetpaar auf ihn einwirkte. Fig. 65 zeigt eine Seitenansicht und Fig. 66 das Schema der Verbindung. Der Gramme'sche Ring ist hierbei entsprechend der Anordnung doppelter Windungen auch mit zwei Bürstenpaaren *a a'* und *b b'* versehen. Die Drehung des Ringes wird durch Zahnräder (Durchmesser 1 : 2) auf die gezahnten Träger der Kohlen übertragen. Die Function der Lampe ist durch Verfolgung des Stromganges im Schema (Fig. 66) leicht zu erklären. Der Strom durchläuft den Magnet *NS*, theilt sich dann in zwei Theile, deren einer über die Bürste *a* in den Ring tritt, seine dicken Drähte passirt, bei der correspondirenden Bürste *a'* den Ring wieder verlässt und endlich durch die beiden Kohlen geht; der andere Theil des Stromes durchläuft mit Hilfe der Bürsten *b b'* die Windungen des dünnen Drahtes im Ringe und verlässt, ohne den Lichtbogen zu passiren, die Lampe.

Fig 65.



So lange der Widerstand im zuerst angegebenen Stromkreise gering ist, also z. B. bei Berührung der Kohlen, überwiegt der Strom in den Windungen dicken Drahtes, und der Ring muss infolge der durch den Strom erzeugten Polarisation in einer bestimmten Richtung, sagen wir in der Richtung des Uhrzeigers, gedreht werden. Diese Bewegung wird in der bereits früher gedachten Weise auf die Kohlenhälter übertragen, entfernt die Kohlen von einander und lässt den

Fig. 66.



Lichtbogen entstehen. Wird der Strom im Hauptstromkreise durch Verlängerung des Lichtbogens geschwächt, so muss er im Nebenschlusse (in der Figur punktirt gezeichnet) anwachsen und endlich den im ersteren derart überwiegen, dass er jetzt die Polarität des Ringes bestimmt. Ein Blick auf das Schema wird genügen, um zu zeigen, dass der Ring unter diesen Umständen sich in der entgegengesetzten Richtung wie früher, also gegen den Uhrzeiger bewegen muss. Hat aber die Bewegung des Ringes in der Uhrzeigerrichtung eine Aus-

einanderbewegung der Kohlen zur Folge gehabt, so muss bei der entgegengesetzten Bewegung des Ringes offenbar eine Annäherung der Kohlenstäbe eintreten. Bei der richtigen Länge des Voltabogens sind im Ringe 4 Pole *n*, *s*, *n'* und *s'*, die, wie die Zeichnung zeigt, zu den Elektromagneten *N*, *S* eine solche Lage haben, dass ihre entgegengesetzten Wirkungen auf dieselben gleich stark sind und den Ring in Ruhe halten.

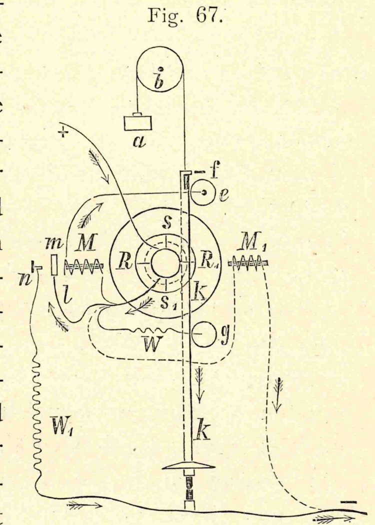
Das Reguliren dieser Lampe für einen bestimmten Widerstand wird durch zwei Schrauben bewirkt, durch welche die Stellung des Ringes gegen die Magnete fixirt wird.

Schuckert hat seine Lampe auch mit Vorrichtungen ausgerüstet, welche ein Erlöschen oder Ausschalten der Lampe automatisch besorgen, wenn die Kohlen nahezu ausgebrannt sind. Eine derartige rein mechanisch wirkende Vorrichtung besteht darin, dass im gewünschten Momente das Gewicht des oberen Kohlenhälters (durch Abnahme seiner Ausbalancirung) so überwiegt, dass er bis zur Berührung mit der unteren Kohle herabsinkt und nicht mehr gehoben werden kann. Bei einer zweiten Anordnung endet der obere Kohlenträger in einen Cylinder aus weichem Eisen, der in die Anziehungssphäre eines Solenoides gelangt, bevor noch die Kohlen ganz abgebrannt sind. Das Solenoid zieht dann den Eisencylinder vollkommen herab und bringt dadurch beide Kohlen zur Berührung.

Eine dritte Vorrichtung besteht endlich im automatischen Ausschalten der im Hauptstrome liegenden Windungen desjenigen Elektromagnetes (oder Solenoides), welcher das Auseinanderziehen der Kohlenspitzen

bewirkt. In der schematischen Darstellung, Fig. 67, passirt der Strom mit Hilfe der Bürsten $s\,s_1$ den Ring, theilt sich dann zunächst in den durch den Elektromagnet *M*, die Contactrolle *e* und die beiden Kohlenträger durchlaufenden Zweig und in einen Zweigstrom durch den Widerstand *W*, die Contactrolle *g* und ebenfalls durch den Lichtbogen. Sind jedoch die Kohlen nahezu ausgebrannt, so gelangt die isolirte Stelle *f* des oberen Kohlenträgers unter die Contactrolle *e*, und der Strom kann auf diesem Wege nicht mehr verlaufen. Der im Nebenschlusse (punktirt gezeichnet) liegende Elektromagnet gewinnt an Kraft und führt beide Kohlen bis zur Berührung gegen einander. Sobald dies erfolgt

Fig. 67.



ist, würde der Hauptstrom über den Widerstand *W* durch die beiden Kohlen verlaufen, wenn nicht der Elektromagnet *M* im selben Momente, als er stromlos wird, seinen Anker *m* durch die Feder *l* gegen den Contact *n* führen liesse. Hierdurch wird den Kohlen ein Theil des Stromes entzogen, der nun durch den Widerstand W_1 weiter verläuft.

Differentiallampe von Siemens & Halske.

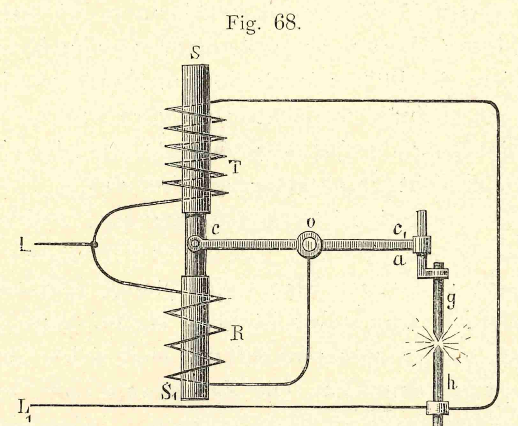
Die durch von Hefner-Alteneck construirte, sogenannte Siemens'sche Lampe ist die erste Differentiallampe, welche in der Praxis in ausgedehntem Masse Anwendung fand.

Bei der Benützung des Differentialprincipes zur Construction von Lampen ist es möglich, mehrere Lampen in einen Stromkreis hintereinander zu schalten, ohne dass das Erlöschen einer Lampe das Brennen der übrigen stört. Das Schema (Fig. 68) möge zur Erklärung dieses Principes dienen. $S S_1$ ist ein Stab aus weichem Eisen, der an dem um o drehbaren Hebel befestigt ist. T stellt eine Nebenschliessung von hohem Widerstande im Verhältnisse zum Stromweg in der Lampe und auch zum Lichtbogen vor, R ein in den Hauptstrom eingeschaltetes Solenoid von geringem Widerstande. Die Windungen der beiden Solenoide sind so angeordnet, dass diese den Eisenstab in entgegengesetzten Richtungen anzuziehen suchen, daher mit der Differenz ihrer anziehenden Kräfte wirken. Es wird infolge dessen auch die Regulirung des Lichtbogens stets das Resultat der Differentialwirkung beider Spulen sein.

Nehmen wir an, die beiden Kohlen h und g berühren sich nicht, sondern befinden sich in einer gewissen Entfernung von einander. Der Strom geht dann von L durch die Spule T von hohem Widerstande zur unteren Kohle h und von da über L_1 zur Stromquelle zurück; dadurch wird der Eisenkern $S S_1$ magnetisch und in T hineingezogen, also das Hebelende c_1 in seine tiefste Stellung gebracht. Im selben Momente löst sich

der Kohlenhalter a vom Hebel $c\,c_1$ los und fällt langsam herunter, bis sich die beiden Kohlen treffen. Jetzt geht der Strom von L durch R g h nach L_1; nun wirkt aber die Spule R auf den Stab $S S_1$, zieht diesen nach unten, und der Lichtbogen entsteht. Im ersten Momente der Hebung stellt sich auch die Verbindung von a und c_1 wieder her. Im Stromkreise ist jetzt zum Widerstande R noch der Widerstand des Lichtbogens

Fig. 68.



hinzugekommen, und dieser wächst mit der Länge des Lichtbogens; dadurch wird der Strom in T wieder stärker und in R schwächer, bis bei einem bestimmten Widerstande des Bogens sich die von T und R ausgeübten Anziehungskräfte das Gleichgewicht halten.

Die Kohlenstäbe brennen langsam ab, aber die gleiche Bogenlänge stellt sich immer wieder her. Bei entsprechend höherer Stellung des Eisenstabes $S S_1$ sinkt c_1 bis in seine unterste Stellung, wo dann die Lösung der Kupplung und Erneuerung des früheren

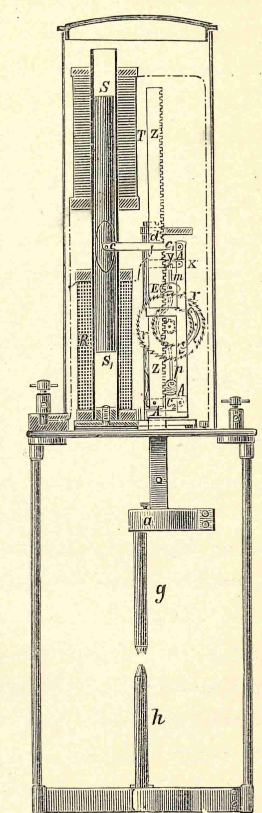
Spieles erfolgt. Wird im Stromkreise ausserhalb der Lampe die Stromstärke verändert, so bringt dies allein in der Lampe keine Veränderung hervor, weil die Stromstärke in den beiden Spulen in gleichem Verhältnisse sich ändert. Für die Grösse des Widerstandes, auf welchen der Bogen gebracht wird, ist das Verhältniss der Wirkungen der beiden Spulen *R* und *T* auf den Eisenkern massgebend. Es wird voraus bestimmt durch Wahl des entsprechenden Widerstandes, die Zahl der Windungen oder mehr oder weniger tiefes Eintauchen des Stabes in die Spulen. Zu diesem Zwecke ist die obere Spule verstellbar angebracht.

Die Lampe selbst (Fig. 69) zeigt, dass der Kohlenhälter *a Z* nicht unmittelbar an den um *d* drehbaren Hebel $c\,c_1$ befestigt ist. Die Zahnstange *Z* hat ihre Führung in dem Theile *A*, welcher an dem Hebelende c_1 angehängt und durch eine Gelenkstange c_2 an seinem unteren Ende so geführt ist, dass sie bei den Schwingungen von $c\,c_1$ nur parallel mit sich selbst auf- und abbewegt werden kann. Die Zahnstange kann an dem Theile *A* nur langsam abwärts gleiten, indem sie dabei das Steigrad *r* und das Echappement *E* in Bewegung und dadurch das Pendel *p* mit seinem nach oben gehenden Arme *m* in Schwingung setzen muss, welche Theile sämmtlich an *A* gelagert sind und mit ihm auf- und abwärts gehen.

In einer gehobenen Lage des Stückes *A* ist der Arm *m* durch eine Kerbe in dem kleinen Hebel *y*, welcher bei *x* gleichfalls an das Stück *A* gelagert ist, festgehalten, hiermit das Echappement arretirt und die Zahnstange mit *A* verkuppelt.

Wenn aber *A* und somit der Hebel *y* sich der untersten Stellung nähert, so wird der letztere durch einen am Gestelle festsitzenden Stift ausgehoben, und das Echappement, sowie die Zahnstange *x* von *A* frei, worauf die früher beschriebene Nachschiebung der Kohlen stattfindet.

Fig. 69.



Jede Lampe regulirt sich mit Rücksicht auf die Stromstärke; man kann daher eine Reihe von Lampen in einen Stromkreis oder auch in mehrere Stromkreise einer Maschine einschalten, in Parallel- oder Zweigleitungen; in letzterem Falle erhält man verschieden intensive Lichter. Wenn in einer Lampe die Kohlen abgebrannt sind, so erlischt sie, und der Strom geht durch die Spule von grossem Widerstande; um diesen Stromverlust zu vermeiden, wendet Siemens noch eine Contactvorrichtung an, welche einen kurzen Schluss bewirkt.

Bei den Differentiallampen älterer Construction ist die untere Kohlenelektrode unbeweglich. Jetzt wird die untere Kohle in eine Hülse gesteckt, in der sich eine Spiralfeder befindet, welche die Kohle nach aufwärts drückt. Oben wird die Kohle gehemmt durch einen

(bei Abnützung leicht auswechselbaren) Kupferring, dessen innerer Durchmesser nahezu dem Durchmesser der Kohle gleichkommt. Dadurch kann immer nur der conisch zugespitzte Theil hervortreten. Die Länge jeder Kohle beträgt 40 Cm., die Brenndauer einer Lampe 8 Stunden.

Lampen von Piette und Křižik.

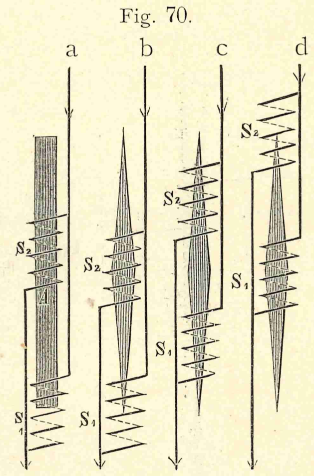
Bekanntlich strebt eine von einem Strome durchflossene Drahtspirale einen ihr in axialer Richtung genäherten Eisenstab in sich hineinzuziehen. Hat der Eisenstab einen constanten Querschnitt, so ist die Kraft, mit welcher er in die Spirale hineingezogen wird, verschieden je nach der Lage des Eisenstabes zur Spirale.

Diese Kraft ist am stärksten, wenn ein Ende des Stabes mit der Mitte der Spirale zusammenfällt, sie ist am schwächsten, wenn die Mitte des Stabes mit der Mitte der Spirale zusammenfällt. Anders verhält es sich aber, wenn der Querschnitt des Stabes nicht constant ist, sondern in dem Masse zunimmt, als die Kraft der Anziehung durch das Solenoid abnimmt. Auf diese Art kann ein gleichmässiges Vorschieben des Stabes fast auf seine halbe Länge erreicht werden. Was für die Wirkungsweise einer Spirale gilt, hat auch für zwei Spiralen Geltung. In Fig. 70*a* wirken zwei Spiralen S_1 und S_2 auf einen cylindrischen Eisenstab *A*. Gleiche Stromstärke in beiden Spiralen vorausgesetzt, wird die Spirale S_1 kräftiger wirken als S_2, weil der Eisenstab mit seinem Ende in der Mitte der Spirale S_1 und die Mitte des Eisenstabes sich in der Mitte der Spirale S_2

befindet. Der Stab wird sich daher auch nach abwärts bewegen.

In *b, c* und *d* hat jedoch der Eisenkern die Gestalt eines Doppelkegels; infolge dessen nimmt sein Querschnitt in demselben Masse ab oder zu als die Wirkung der Spiralen zu oder abnimmt. In allen drei Lagen wird daher der Eisenkern sich in Ruhe befinden, wenn für die Stromstärken in den Spiralen dieselbe Voraussetzung gemacht wird, wie im vorhergehenden Falle. In *b* befindet sich z. B. das untere Ende des Stabes in der Mitte der Spirale S_1, also in der Stellung der grössten Anziehungskraft; die Mitte des Stabes fällt mit der Mitte der Spirale S_2 zusammen, ist folglich in der Stellung der geringsten Anziehungskraft durch diese Spirale; es müsste daher der Stab sich abwärts bewegen, wenn nicht der Querschnitt des Stabes in der Spule S_2 am grössten und in der Spule S_1 am kleinsten wäre. Dieser Umstand gleicht aber die verschiedenen Anziehungskräfte der Spiralen aus, und der Stab bleibt in Ruhe. In *d* haben beide Spiralen ihre Rollen vertauscht und in *c* befinden sich beide Spulen in derselben Stellung zum Stabe.

Fig. 70.



Der Stab ist somit in allen drei Lagen im Gleichgewichte.

Der Stab kann auch eine andere Form bekommen, um obigen Anforderungen zu entsprechen; hier ist jedoch nur die Form des Doppelkegels von Interesse, da sie zur Construction der nachstehend beschriebenen Lampe verwendet wurde.

Lässt man nun die Voraussetzung, dass durch beide Spulen ein gleich starker Strom geht, fallen, so kann sich der Stab nicht mehr im Gleichgewichte befinden, sondern muss von jener Spule stärker angezogen werden, durch welche der kräftigere Strom circulirt. Diese Anziehung wird aber stets unabhängig von der Stellung des Stabes zu den Spulen sein, also nur von der Differenzwirkung der Stromstärken in beiden Spulen abhängen.

Fig. 71.

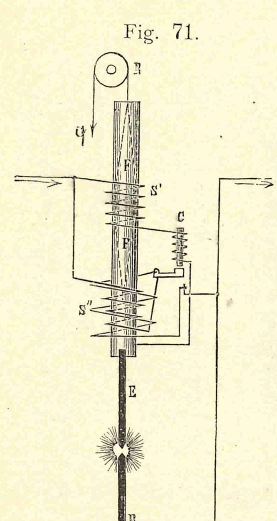
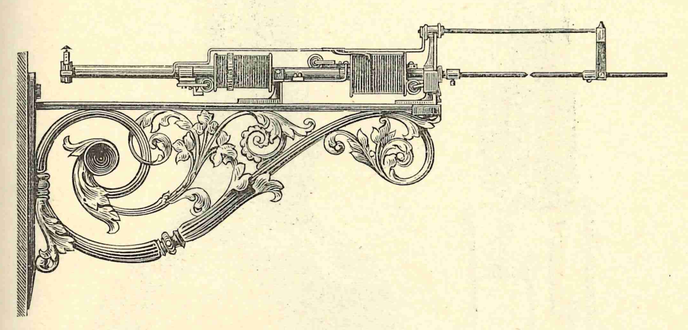


Fig. 71 zeigt das Schema einer Lampe, welche unter Anwendung dieses Principes und des doppeltconischen Eisenkernes construirt ist. Letzterer, in der Figur mit *FF* bezeichnet, befindet sich behufs Führung in einem Messingrohre, in dessen unterem Ende die Kohle *E* steckt. Das Ganze ist an einer Schnur aufgehängt, die über die Rolle *R* führt, und ein Gegengewicht *q* trägt, als welches gleich der untere Kohlenträger mit der Kohle *B* benützt werden kann. Das Solenoid S' ist in dem Hauptstrom eingeschaltet, das

Solenoid S'' bildet einen Nebenschluss von hohem Widerstande. Bei *C* ist ein automatischer Unterbrecher angebracht, der den Strom in einen Nebenweg schaltet, wenn der Lichtbogen erlischt.

Wird die Lampe in den Stromkreis einer Lichtmaschine eingeschaltet, so tritt der Strom in der durch den Pfeil angedeuteten Richtung in die Spirale S' ein, geht durch die Ausschaltungsvorrichtung *C* zur oberen positiven Kohle, dann durch die negative Kohle zur

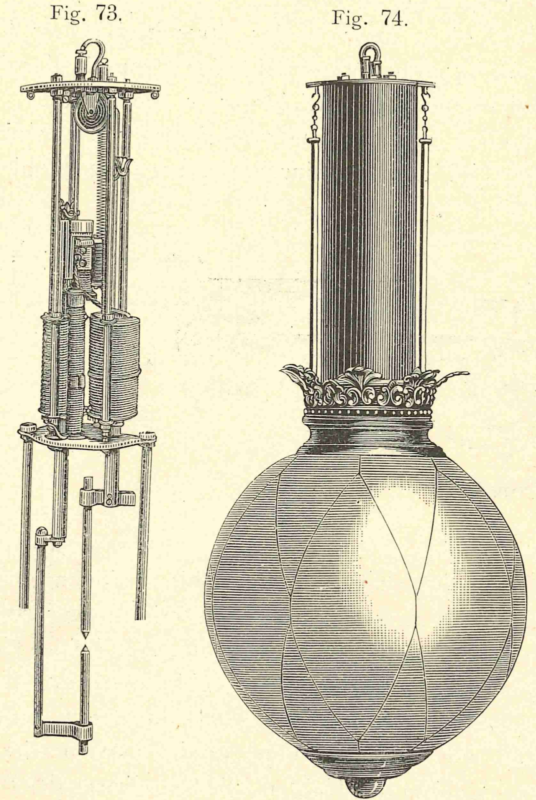
Fig. 72.



Lichtmaschine zurück. Sind die Kohlen nahe an einander, ist also der Widerstand im Hauptkreise gering, so wirkt die Spule S' kräftig und zieht dadurch beide Kohlen auseinander; steigt durch das Abbrennen der Kohlen der Widerstand, so geht ein stärkerer Strom durch die Spule S'' von hohem Widerstande und bewirkt ein Zusammenführen der Kohlen. Die Regulirung des Bogens erfolgt also auch bei dieser Lampe durch die Differenzwirkung zweier Solenoide von verschiedenem Widerstande, deren eines in eine Nebenschliessung geschaltet ist. Bei der praktischen Ausführung dieser Lampe

gleitet der Stab mit der oberen Kohle am Umfange zweier Rollen, während der Schnurlauf, durch welchen der untere Kohlenträger mit dem oberen verbunden

Fig. 73. Fig. 74.



ist, über Scheiben geht, die auf den Axen der ersterwähnten Rollen sitzen, deren Radien aber nur halb so gross sind als die der Rollen. Infolge dessen legt auch die untere negative Kohle immer nur den halben

Weg der oberen positiven Kohle zurück und der Voltabogen verändert daher nie seinen Platz.

Die Anwendung der Differentialspulen mit der Einschaltung einer derselben in eine Nebenschliessung ermöglicht die Anwendung dieser Lampe für getheiltes Licht. Die Lampe zeichnet sich durch überraschende Einfachheit ihrer Construction und den Mangel jedes Räderwerkes, jeder mechanischen Auslösung oder Uebersetzung aus und erzeugt ein äusserst ruhiges, mildes Licht. Der Umstand, dass zur Herstellung oder Regulirung des Lichtbogens oder überhaupt zur Bewegung irgend eines Theiles der Lampe nie die Schwerkraft benützt wird, befähigt die Lampe auch in horizontaler Lage ebenso tadellos zu fungiren, wie in verticaler Stellung. Fig. 72 zeigt das Modell jener Lampe, welche bei der internationalen Ausstellung für Elektricität in Paris ungetheilten Beifall fand.

In neuerer Zeit haben die Lampen mehrfache vortheilhafte Abänderungen erfahren. So wurden z. B., wie Fig. 73 zeigt, beide Drahtspulen neben einander angeordnet und hierbei der doppelt-conische Kern in seine beiden einfach conischen Hälften getheilt. Der Fortschritt dieser Construction gegenüber der vorhin beschriebenen liegt darin, dass sämmtliche Contacte in der Hülse der Lampe liegen, also gegen Verunreinigung besser geschützt sind; die Schnur liegt ebenfalls innerhalb der Hülse.

Schuckert, welcher die Erzeugung der Křižik- (Pilsner-) Lampe für Deutschland übernommen hat, liefert sie für eine Brenndauer von 8 bis 10 Stunden und 6 bis 8 Stunden. Der Regulirungsmechanismus der

Lampe ist von einem Blechcylinder umgeben und das Licht selbst wird durch eine Glaskugel geschützt und zerstreut (Fig. 74). Letztere ist an zwei durch lange Rohre geführte Stangen aufgehängt und kann leicht und sicher heruntergelassen werden.

Fig. 75 ist eine schematische Zeichnung dieser Lampe und die Darstellung des Stromganges. $+P$ und $-P$ bedeuten die Polklemmen, E_1 und E_2 die getheilten Eisenkerne, H die Hauptspule mit wenigen Windungen dicken Drahtes, N die Nebenspule mit einigen Windungen dicken und vielen Windungen dünnen Drahtes; C ist ein Contactmagnet gleichfalls mit doppelten Windungen, n ein Widerstand aus Neusilberdraht und e ein Widerstand aus Eisendraht. G_1 G_2 sind die vom Lampenkörper isolirten Gleitschienen für den Kern E_2; K_1 und K_2 die obere beziehungsweise untere Kohle.

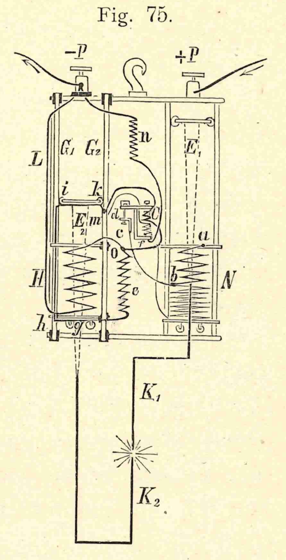
Die etwas complicirte Stromführung dürfte am leichtesten klar gemacht werden, indem man den Stromgang in den einzelnen Perioden des Brennens der Lampe und während der Ausschaltung aus dem Stromkreise betrachtet. Hierzu sei zunächst angenommen, dass sich die beiden Kohlen K_1 und K_2 nicht berühren und die Lampe in Thätigkeit gesetzt werden soll.

1. Der Strom tritt bei der Klemme $+P$ in die Lampe ein, geht durch den Lampenkörper nach a, durchläuft die dicken Windungen der Nebenspule N, eilt dann von b über den Contactwinkel c und den Platincontact d nach f und verlässt durch den Neusilberwiderstand n und die isolirte Klemme $-P$ die Lampe. Der Eisenkern E_1 wird jetzt durch die vom Strome durchflossene Spirale a b der Nebenspule N

in diese hineingezogen, die Kohle K_1 gesenkt und letztere gelangt mit der unteren Kohle K_2 zur Berührung.

2. Nun hat der bei $+P$ in die Lampenmasse eintretende Strom zwei Wege: entweder den eben beschriebenen oder den folgenden: durch die Lampenmasse in die beiden Kohlen K_1 K_2, von letzterer bei h in die isolirte Gleitschiene G_1, von dieser durch die Rollen i und k nach m, durch die wenigen dicken Drahtlagen des Contactmagnetes C nach o, dann in die dicken Drahtwindungen der Hauptspule H und endlich durch die Leitung L zur negativen Polklemme $-P$. Diesen letzteren Weg wird der Hauptantheil des Stromes durchlaufen, da hier ein geringerer Widerstand vorhanden ist als in dem zuerst beschriebenen. Die Hauptspule H zieht deshalb den Eisenkern E_2 hinein, entfernt also die beiden Kohlen K_1 und K_2 von einander und es entsteht der Lichtbogen. Nun ist aber auch der Contactmagnet C magnetisch geworden und hat seinen Anker angezogen, wodurch er den Contact bei d unterbricht.

Fig. 75.



3. Der unter 1. beschriebene und jetzt zum schwachen Zweigstrom gewordene Strom muss nun folgenden Weg einschlagen: Von $+P$ durch die

Masse der Lampe nach a, durch die dicken und dünnen Windungen der Nebenspule N und durch die dünnen Drähte des Contactmagnetes C, aus welchem herauskommend er sich bei m wieder mit dem Hauptstrome vereinigt und mit diesem gemeinsam den unter 2. beschriebenen Weg weiter verfolgt.

4. Der Voltabogen nimmt durch Abbrennen der Kohlen an Länge zu, und vergrössert hierdurch den Widerstand im Hauptstromkreise (2.). Der Strom im Nebenschlusse (3.) gewinnt an Stärke und wird endlich kräftig genug, um den Eisenkern E_1 durch die Nebenspule N abermals anzuziehen, somit die Kohlen wieder einander zu nähern. Dadurch ist aber der Stromlauf 3 für das regelmässige Brennen der Lampe wieder hergestellt.

5. Es erübrigt nun noch den Stromlauf zu betrachten für den Fall, dass die Kohlen zu Ende sind. Für diesen Fall ist der Lampe die Einrichtung gegeben, dass dann eine Gleitrolle des Kernes E_2 auf eine isolirte Stelle (ein Stück Elfenbein) der isolirten Gleitschiene kommt, und dadurch dem Hauptstrome nachstehender Weg angewiesen wird: Von $+ P$ durch den Lampenkörper, die beiden Kohlen K_1 K_2 nach g, durch den Eisenwiderstand e nach o, dann durch die Spule H und die Leitung L zum $-P$; der Nebenstrom geht von a aus durch die dicken Drähte $a\,b$ der Spule N über c und d nach f und durch den Neusilberwiderstand n zur negativen Polklemme; er kann den Contact $c\,d$ durchlaufen, da dieser durch Aufhebung des Stromes im Contactmagnete C wieder geschlossen ist.

Regulatorlampe von Schwerd-Scharnweber.

Der Lichtbogen wird bei dieser Lampe*) direct durch Solenoidanziehung regulirt, allein die Kohlennachschiebung geschieht unabhängig von der Bewegung des Solenoides, sie wird durch letztere in passenden Zeitabschnitten nur eingeleitet und wieder zum Stillstande gebracht. Fig. 76 zeigt eine innere Ansicht der Lampe, s_1 ist eine mit wenigen Windungen eines dicken Drahtes bewickelte Messingspule und s_2 eine solche mit vielen Windungen eines dünnen Drahtes bewickelte. Das Rohr der Doppelspule ist mit Glycerin angefüllt, in welchem der am Hebel h_1 aufgehängte Eisenkern angebracht ist. Dieser um die Axe c_1 drehbare Hebel trägt anderseits eine von demselben metallisch isolirte Stange t, welche in einer Nuthe der Verbindungsstange T zum unteren Theil der Lampe geht und hier mit dem um die Axe c_2 drehbaren Hebel h_2 verbunden ist.

Fig. 76.

Beim Abbrand der Kohlen wird der Eisenkern in die untere Spule s_2 hineingezogen, die Stange t mit der unteren Kohle geht nach oben, wodurch die richtige Lichtbogenlänge erhalten bleibt. Sobald die Stange t eine bestimmte Strecke nach aufwärts gegangen ist, löst sie bei r

---

*) Uppenborn. Z. f. angew. El.-L. Bd. IV. S. 497.

das mit der Zahnstange *z* verbundene Laufwerk aus, die Zahnstange mit der oberen Kohle sinkt, hierdurch bekommt wieder s_1 durch die bekannte Stromverzweigung bei der Differentialschaltung das Uebergewicht, zieht den Eisenkern nach oben, welche Bewegung sich mittelst der Stange *t* der unteren Kohle in der Weise mittheilt, dass letztere im gleichen Masse zurückweicht, wie die obere Kohle sinkt; in einer gewissen Stellung angekommen, arretirt die Stange *t* wieder das Laufwerk. Dieses besteht aus einer einfachen Ankerhemmung in Verbindung mit dem Schwungrade *u*, welches in ähnlicher Weise wirkt wie die Unruhe an der Taschenuhr. An der Zahnstange ist ein Contact angebracht, welcher die Lampe selbstthätig ausschaltet, sobald die Kohlen bis auf ein gewisses Stück abgebrannt sind.

Lampe von Gülcher.

Gülcher's Lampe ist für Theilungslicht bestimmt und auch dazu geeignet, trotzdem sie weder einen Nebenschluss noch Differentialspulen besitzt. Dieses Resultat wurde durch die einfache Construction und durch Parallelschaltung der Lampen erreicht. Zur Erklärung ihrer Construction und ihrer Function möge die in Fig. 77 a und b abgebildete Setzlampe dienen. Die obere positive Kohle wird durch eine eiserne, in Gleitrollen geführte Stange *F* getragen. Diese ist mit dem unteren, negativen Kohlenträger durch Rollen und Schnurlauf so verbunden, dass sie immer den doppelten Weg zurücklegen muss als der untere Kohlenhalter. Es sind näm-

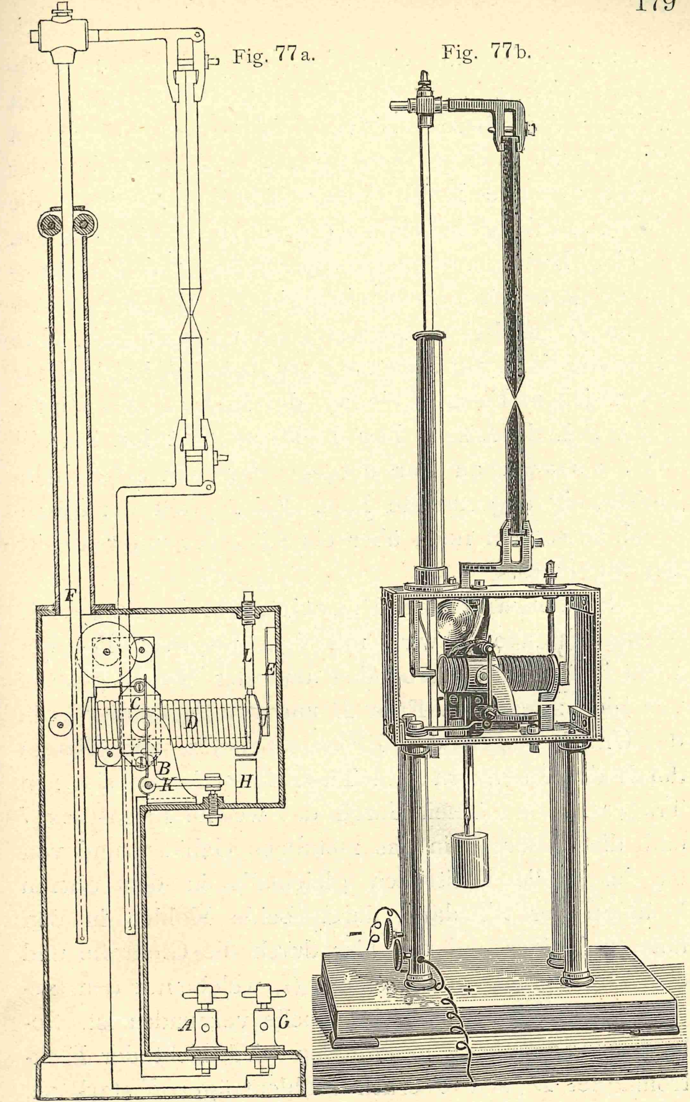
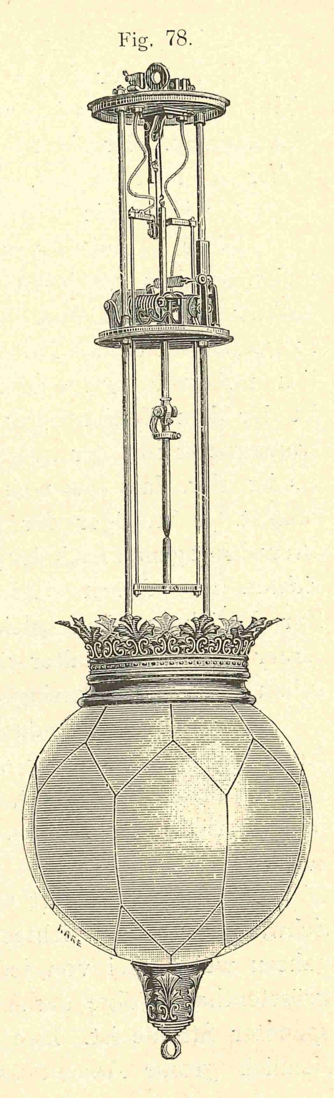


Fig. 77 a. Fig. 77 b.

lich zwei Rollen auf einer Axe befestigt, deren Durchmesser sich wie 1 : 2 verhalten; die Schnur, mit welcher der obere positive Kohlenträger aufgehängt ist, geht über die grössere, die Schnur, an welcher der untere negative Kohlenträger hängt, läuft über die kleinere Rolle. *D* ist ein um *C* drehbarer Elektromagnet, *K* eine Feder, die gegen die Fassung des Elektromagnetes derart drückt, dass sie ihn gegen den Anschlag *L* zu drehen sucht. Eine unten angebrachte Schraube dient zur Spannung der Feder. *H* ist ein Klotz aus weichem Eisen, *I* ein an der Feder *E* befestigtes Stück Schmiedeeisen. Der Elektromagnet hat sowohl bei *I* als auch an der entgegengesetzten Seite halbkreisförmig abgerundete Pole. Bei *I* greift der Eisenschuh ausserdem noch über ein Stück der unteren Seite des Magnetes.

Stromgang und Function der Lampe. Die Klemmschraube *A* wird mit dem positiven Pol der Elektricitätsquelle verbunden und der Strom gelangt von hier durch den Fuss *B* und den Metallring *C* in die Umwindungen des Elektromagnetes, von diesem durch den Eisenkern zum Theil direct in den eisernen Träger *F*, zum Theil durch das weiche Eisenstück *I* und die Feder *E* in das metallene Gehäuse und von da durch die Gleitrollen gleichfalls in den oberen Kohlenträger *F*, dann durch beide Kohlen in den unteren Träger und von hier durch die Gleitrolle und eine Drahtleitung zur Klemme *G*, welche mit dem negativen Pole der Elektricitätsquelle verbunden ist. Sobald der Stromkreis geschlossen wird, zieht der Elektromagnet *D* den eisernen Kohlenträger *F* stark an,

Fig. 78.



wird aber gleichzeitig durch das weiche Stück Eisen *H* angezogen; die Folge davon ist, dass sich der Magnet um *C* derart dreht, dass der obere Kohlenhalter *F* aufwärts und vermöge seiner Verbindung mit dem unteren Kohlenhalter dieser abwärts geschoben wird, das heisst, die Kohlenspitzen werden von einander entfernt. Hierdurch entsteht der Lichtbogen. Nun brennen die Kohlen ab, der Strom wird wegen des dadurch wachsenden Widerstandes schwächer, der Magnet verliert an Kraft und wird deshalb von *H* immer weniger angezogen. Jetzt überwiegt die Schwere des oberen Kohlenhalters die Anziehung bei *H* und der Magnet dreht sich entgegengesetzt der früheren Richtung, bis er bei *L* seinen Anschlag findet. Dies bewirkt eine Annäherung der Kohlen; bei weiterem Abbrennen derselben wird der Strom und mit ihm der

Magnet in der früher angegebenen Weise so weit geschwächt, dass er den Kohlenträger F nicht mehr anzieht, dieser also wieder durch seine eigene Schwere sinken kann. Er sinkt so lange, bis der Strom, und daher auch der Magnet, durch Verkleinerung des Lichtbogens wieder die ursprüngliche Stärke erreicht hat.

Diese Regulirung erfolgt natürlich nicht sprungweise, sondern continuirlich, genau dem Abbrennen der Kohlen folgend. Damit die Schwingungen des Elektromagnetes auch beim Anzünden oder bei aussergewöhnlichen Regulirungsmomenten nicht zu heftig werden, ist der dem Kohlenträger F abgewandte Pol des Elektromagnetes mit der magnetischen Bremse J versehen. Es ist klar, dass das weiche Eisenstück desto kräftiger bremst, je kräftiger der Magnet ist, überhaupt seine Bremskraft genau nach der jeweiligen Kraft des Magnetes richtet, also diesen stets zu ruhigem Gange zwingt. Zur Erzielung einer gleichmässigen Bewegung sind ferner der Kohlenhalter und der ihn berührende Polschuh mit einem Messingüberzuge versehen.

Für die Verwendung der eben beschriebenen Lampe zur Beleuchtung von Sälen etc. hat Gülcher dieselbe derart abgeändert, dass er den ganzen Mechanismus oberhalb der Kohlen anordnet, wie dies Fig. 78 zeigt.

Die Lampe fungirt sehr gut und lässt gar keine Schwankungen des Lichtes wahrnehmen. Letzteres ist nahezu weiss, frei von jeder violetten Färbung, was grösstentheils Folge der Anwendung sehr schwach gespannter Ströme ist. Ihre Construction gestattet eine ziemlich grosse Anzahl von Lampen in einen Stromkreis einzuschalten. Die bemerkenswerthe Art, in welcher sich die Lampen gegenseitig reguliren, wird in dem Capitel »Specielle Leitungen und Schaltungsweisen« des Bandes XI dieser Bibliothek behandelt werden.

Lampe von Brockie.

Fig. 79.

Bei dieser Lampe erfolgt die Regulirung des Lichtbogens in ganz eigenthümlicher Art. Der Lichtbogen wird nicht der jeweiligen Stromstärke entsprechend geregelt, sondern ohne Rücksicht auf das Abbrennen der Kohlen gehen diese in regelmässigen Pausen bis zur Berührung gegen einander und trennen sich dann immer wieder auf die ursprüngliche Entfernung. Die Regulirung besteht also eigentlich in einer regelmässig sich wiederholenden Anzündeoperation. Die Lampe giebt infolge dessen kein ruhiges, sondern ein blinkendes Licht, woran man sich übrigens in kurzer Zeit gewöhnen soll. Massgebende Berichte über den Erfolg dieses Systemes sind allerdings noch abzuwarten.

Die Construction der Lampe ist eine sehr einfache. Die untere Kohle B (Fig. 79) ist am Gestelle der Lampe befestigt, die obere Kohle A kann, wenn nicht der als Hemmring gestaltete Anker a des Elektromagnetes m von diesem angezogen ist, frei bis zur Berührung mit B herabfallen. p_1 und p_2 sind die Polklemmen der Lampen. Der Strom tritt bei p_1 ein,

durchläuft die beiden Kohlen, geht durch den Lampenkörper und tritt bei der Klemme p_2 wieder aus. Ein Zweigstrom z umkreist den Elektromagnet m und geht dann durch die Klemme P_1 in den Commutator. Diese Klemme steht mit einem Zahnrade in leitender Verbindung, welches durch die Riemenscheibe v und ein Schneckengetriebe in Rotation gesetzt wird. So lange die Klinke b auf der Scheibe l, welche auf dem Zahnrade sitzt, schleift, ist der Strom von P_1 zum Zahnrade, zur Scheibe l der Klinke b und der Klemme P_2, welche mit letzterer in leitender Verbindung steht, geschlossen.

Sobald aber bei der Umdrehung des Rades der Stift s die Klinke von der Scheibe abhebt, ist der Strom unterbrochen. Die Zahl der Unterbrechungen in einer bestimmten Zeit hängt natürlich von der Schnelligkeit der Rotation ab. Die Function der Lampe ist daher folgende: Wenn der Strom in die Lampe eintritt, findet er zunächst die beiden Kohlen A und B in Berührung; sie werden aber sofort von einander entfernt, da der Elektromagnet m infolge des ihn durchlaufenden Theilstromes den Anker a anzieht, dadurch die Kohle A klemmt und um ein kleines bestimmtes Stück hebt. Hierdurch ist der Voltabogen entstanden. Nach bestimmter Zeit gelangt der Stift s durch die Rotation des Zahnrades zur Klinke b, hebt diese von der Scheibe l ab und unterbricht dadurch den Zweigstrom; der Elektromagnet m lässt den Anker fallen und die Kohle A sinkt bis zur Berührung mit der Kohle B herab. Inzwischen hat aber der Stift s die Klinke wieder freigelassen, der Zweigstrom durch den Commutator und

den Magnet ist abermals hergestellt und die Kohle A wird neuerdings zur früheren Höhe gehoben.

Wie leicht erklärlich, genügt ein Commutator für mehrere Lampen, und wie aus der Zeichnung ersichtlich, kann der Commutator in beliebiger Entfernung von den Lampen aufgestellt werden. Die Verbindungsweise mehrerer Lampen mit dem Commutator und der Lichtmaschine wird in dem Abschnitte über specielle Systeme und Leitungen im Bande XI dieser Bibliothek angegeben werden.

4. Elektrische Kerzen.

Gleichwie bei den Regulatoren wird auch bei den elektrischen Kerzen das Licht durch den Voltabogen erzeugt; während jedoch bei ersteren immer ein, wenn auch noch so einfacher Mechanismus dazu angewandt wird, um die Länge des Lichtbogens constant zu erhalten, so ändern bei den Kerzen die Kohlen ihre Lage während der ganzen Brenndauer entweder gar nicht, oder ihre Bewegung ist ein einfaches Nachschieben der Kohlen, entsprechend dem Abbrennen, nicht aber der Stromstärke. Infolge dieses Umstandes können auch die Kerzen, wenn sie einmal für eine bestimmte Stromstärke adjustirt sind, bei einer Abnahme der letzteren, vorausgesetzt, dass diese eine gewisse Zeit andauert, nicht weiter brennen. Allerdings müssen auch die Regulatoren für eine bestimmte Stromstärke eingestellt werden, wenn sie gut functioniren sollen, doch sie vertragen die Stromschwankungen innerhalb

weiterer Grenzen als die Kerzen. Diese Grenzen sind bei letzteren namentlich dann sehr enge, wenn als Isolirungsmittel zwischen den Kohlen Luft gewählt wird.

Der erste, welcher eine elektrische Kerze construirte, war der Physiker William Edward Staite im Jahre 1846. Eine seiner Constructionen bestand darin, dass er zwei Kohlenstäbe unter einem spitzen Winkel auf eine Säule auftreffen liess, deren Material der Einwirkung hoher Temperaturen gut widersteht und die Elektricität nicht leitet. Die Kohlen waren in Röhren geführt und wurden durch Spiralfedern stets gegen die Säule angedrückt. Da die Kohlen immer unter demselben Winkel zu einander geneigt blieben und immer in derselben Höhe auf die isolirende Säule auftrafen, musste natürlich die Entfernung der Kohlenspitzen von einander, also auch die Lichtbogenlänge, immer gleich gross bleiben. Um die Kohlen für verschiedene Lichtbogenlängen oder Stromstärken einstellen zu können, machte Staite den einen Kohlenträger durch eine Schraube verstellbar.

Staite's Kerze mit V-förmig gestellten Kohlen bildet den Typus für die Kerzen von Gérard, Lescuyer, Hedges, Rapieff, die Lampe Soleil u. s. w.

Im Jahre 1874 nahm Werdermann Staite's Idee neuerdings auf, allerdings nicht zur Construction einer elektrischen Kerze, sondern für einen Gesteinsbohrer;*) dieser ist aber unter Anwendung von Principien construirt worden, deren sich spätere Constructeure zur Lichterzeugung bedienten. Werdermann liess zwischen

*) H. Fontaine, L'eclairage électrique; deutsch von F. Ross II. Aufl. p. 63.

zwei zu einander parallelen und durch eine dünne Luftschichte von einander getrennten Kohlenstäben den Lichtbogen entstehen, und führte durch ein daneben gelegtes Rohr einen Luft- oder Dampfstrom zu. Der Effect war eine Art Löthrohrflamme von so hoher Temperatur, dass darin der härteste Granit in wenigen Secunden schmolz.

Die parallele Anordnung der Kohlenstäbe zur Erzeugung des Lichtbogens wurde später von Jablochkoff, Wilde, Jamin, Siemens, Debrun, Solignac, Andrew u. A. zur Construction, ihrer Kerzen benützt.

Werdermann hat aber auch, bei einer im selben Patente beschriebenen Construction, an Stelle des Blaserohres einen Elektromagnet angewandt, dessen Einwirkung auf den Lichtbogen eine ähnliche war, wie die des Blaserohres; hiermit wurde auch in dieser Richtung der Jamin'schen Kerze vorgearbeitet.

Die erste praktisch verwerthbare Kerze wurde aber von einem russischen Officier, Namens Jablochkoff, im Jahre 1876 erfunden. Ihrer Bedeutung für die Theilung des elektrischen Lichtes wurde bereits gedacht. Im Jahre 1878 folgten die Kerzen von Jamin und Wilde, darauf die von Rapieff, Gérard u. s. w.

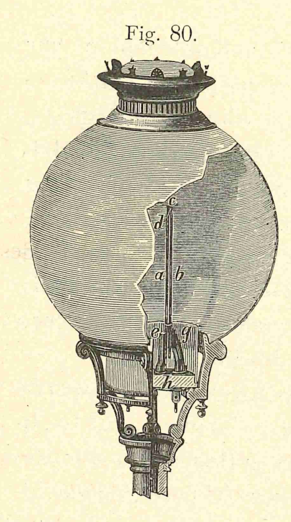
Kerze von Jablochkoff.

Die Kerze besteht aus zwei parallelen Kohlenstäben *a*, *b* Fig. 80, die durch eine Schichte Pariser Gyps von einander isolirt sind. Die unteren Enden der Kohlenstäbe stecken in Messingröhrchen, gegen welche zwei Metallklemmen *e* und *g* federnd drücken. Durch letztere erfolgt die Zuleitung des Stromes in die Kerze,

die auf einer etwas durchscheinenden Platte *h* befestigt ist. Um die Kerze anzünden zu können, befindet sich am oberen Ende derselben ein quer über beide Kohlenspitzen gelegtes Graphitplättchen *c*, das durch eine übergeklebte Papierschlinge *d* in seiner Lage erhalten wird.

Beim Einschalten der Kerze in den Stromkreis geht der Strom von dem einen Kohlenstäbchen durch das Graphitplättchen zum zweiten und wieder zur Stromquelle zurück; das Graphitplättchen wird glühend und verdampft. Nun bildet sich zwischen beiden Kohlen der Voltabogen, welcher durch seine Hitze die isolirende Zwischenschichte zum Schmelzen und Verdampfen bringt.

Fig. 80.



Letztere wird in demselben Masse verzehrt, als die Kohlen abbrennen. Da aber die positive Kohle beiläufig noch einmal so schnell verzehrt wird als die negative, so musste erstere, um ein gleichmässiges Abbrennen beider Kohlen zu erreichen, von doppelt so grossem Querschnitte als letztere genommen werden. Das Verhältniss ist jedoch kein genaues, die Kerzen brennen deshalb doch ungleichförmig, und so musste man zu Wechselströmen seine Zuflucht nehmen, durch welche beide Kohlen spitz und gleich schnell abbrennen.

Carré, welcher die Fabrikation der Kohlenstäbchen übernommen hatte, gab ihnen eine Länge von 220—225 Mm. bei einem Durchmesser von 4 Mm. Eine derartige Kerze brennt beiläufig $1^1/_2$ Stunden und entwickelt eine Lichtstärke von 100 Carcelbrennern.

In einen Stromkreis können mehrere Kerzen eingeschaltet werden und die Summe der Lichtintensitäten aller Kerzen ist grösser als jene Intensität, welche im selben Stromkreise erhalten würde, wenn man nur eine Kerze eingeschaltet hätte. Es rührt dies daher, dass nicht nur der Voltabogen zwischen beiden Kohlen leuchtet, sondern auch die verdampfende Gypsschichte zur Gesammtlichtstärke beiträgt. Wegen der kurzen Brenndauer einer Kerze werden immer mehrere derselben (2—5) in einer Lampe angebracht. Wie an Stelle einer abgebrannten Kerze eine neue in den Stromkreis geschaltet wird, soll im Capitel »Specielle Leitungen und Schaltungen« des Bandes XI dieser Bibliothek mitgetheilt werden. Die Kerzen geben ein nicht sehr ruhiges, röthlich oder violett gefärbtes Licht.

Trotz mannigfacher Versuche, die bereits gemacht wurden, um das Verlöschen einer Kerze hintanzuhalten oder die einmal erloschene Kerze selbstthätig wieder zum Brennen zu bringen, hat man doch bis heute noch kein befriedigendes Resultat erzielt.

Bei der Kerze von Wilde ist dieser Uebelstand vermieden. Wilde stellt gleichfalls zwei Kohlenstäbe parallel nebeneinander, verbindet sie aber nicht durch eine isolirende feste Zwischenschichte, sondern lässt zwischen beiden Kohlenstäben nur eine circa 3 Mm. breite Luftschichte. Der eine Kohlenstab ist an seiner Unterlage stabil befestigt, der zweite an einem rechtwinkeligen, beweglichen Theile derart angebracht, dass

vor dem Anzünden der Kerze, die an diesem Theile befindliche Kohle sich an die feststehende anlegt, sobald aber ein Strom die Kerze passirt, von der feststehenden Kohle durch einen Elektromagnet getrennt und zu ihr parallel gestellt wird. Diese Kerze hat vor der von Jablochkoff den Vortheil, dass sie zur Bildung des Voltabogens keines Zünders bedarf und beim zufälligen Erlöschen sich selbstthätig wieder entzündet. Sobald die Kerze auslöscht, ist nämlich auch der Strom im Elektromagnete unterbrochen und die bewegliche Kohle lehnt sich wieder an die feststehende; hiermit tritt aber wieder Stromschluss ein, und der Magnet stellt abermals beide Kohlen parallel, den Lichtbogen neuerdings entzündend. Diese Kerzen können auch mit abwärts gekehrten Bogen verwendet werden, was im Interesse der Schattenvermeidung von Belang sein kann. Sie werden auch länger gemacht als die von Jablochkoff, und besitzen daher eine grössere Brenndauer. Natürlich können auch mehrere Kerzen in einer Lampe angebracht werden.

Das Licht der Kerzen ist kein sehr ruhiges und schwankt namentlich dann sehr stark, wenn die Kohlen nicht sehr sorgfältig und homogen gemacht sind. Da sich der Strom bei seinem Uebergange von einer Kohle in die andere den Weg aussucht, wo er den geringsten Widerstand findet, so kann bei ungleichförmig zusammengesetzten Kohlen ein Auf- und Abtanzen des Lichtbogens zwischen beiden Kohlenstäben eintreten.

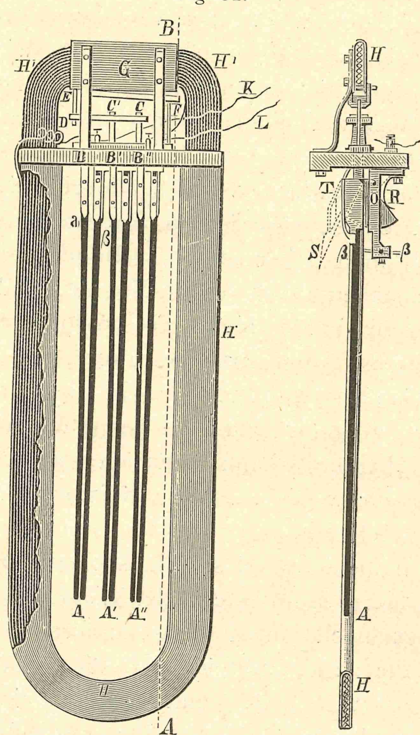
Kerze von Jamin.

Auch Jamin verwendet zwei parallel nebeneinander gestellte Kohlenstäbe ohne besondere isolirende Zwischenschicht; er sucht aber, wie bereits in der historischen Einleitung erwähnt wurde, den Voltabogen stets an die Spitzen der Kohlenstäbe zu fesseln. Dies wird bewirkt durch eine geschickte Anwendung der Ampère'schen Gesetze. Ohne auf diese näher einzugehen, mag beiläufig bemerkt werden, dass der Voltabogen sich gegen einen Magnet gerade so verhält, wie ein leicht beweglicher, von einem elektrischen Strome durchflossener Draht. Stellt man daher unter den Bogen, der zwischen den Kohlenstäben glüht, einen Magnet, und lässt den Strom zwischen beiden Kohlen in entsprechender Richtung gehen, so kann man bewirken, das der Voltabogen an eine bestimmte Stelle, z. B. die beiden Spitzen der Kohlen, gebracht und dort festgehalten wird. An Stelle des Magnetes kann natürlich auch eine Drahtspirale gebracht werden, welche ein Strom in bestimmter Richtung durchläuft.

Jamin benützte diese Thatsachen zur Construction seiner Kerze in nachstehender Weise. Eine Schieferplatte trägt nach unten eine kupferne Hülse $H H$ (Fig. 81), die abgeplattet ist, um die Schattenbildung möglichst zu verhindern, und oben in eine Hülse G aus weichem Eisen übergeht. Ihr gegenüber befindet sich eine Eisenplatte $E F$, durch den Hebel $E D$ mit der Querstange $C C'$ verbunden; an letzterer hängen die linksseitigen Kohlen $B B' B''$ und sind mit dieser Querstange in der Ebene von $H H$ beweglich. Die rechtsseitigen Kohlen $A' A A''$ sind in kupfernen, röhren-

förmigen Trägern befestigt, und diese werden in ihrer verticalen Stellung durch eine Feder R erhalten. Durch das Gewicht der Platte EF werden die linksseitigen

Fig. 81.



Stäbe gegen die rechtsseitigen angedrückt und bleiben mit diesen in Berührung, oder richtiger gesagt, die beiden längsten Kohlen kommen an ihren Spitzen in Contact. In der Kupferhülse HH befinden sich 15 bis 20 von einander isolirte Drahtwindungen, die beim

Brennen der Kerze gleichfalls vom Strome durchlaufen werden und den Bogen an der Spitze der Kerzen erhalten sollen.

Nachdem der Strom diese »Richtungsspirale« (HH) passirt hat, gelangt er in jenes Kohlenpaar, dessen Spitzen sich berühren; sofort wird G magnetisch, zieht die Platte EF an und entfernt die Kohlenstäbe von einander. Zwei Paare bleiben kalt, am dritten, das ist diesem, bei welchem sich die Kohlen früher berührt hatten, entsteht der Voltabogen. Er bleibt auf diesem Paare, so lange Kohle vorhanden ist, und wird durch die Richtungsspirale stets an den Kohlenspitzen festgehalten. Wird der Strom aus irgend einer Ursache unterbrochen, so fällt die Platte EF von G ab und stellt wieder zwischen den beiden längsten Kohlen den Contact her, die jetzt ebenso zu brennen beginnen wie das frühere Paar. Hierdurch kann bei Anwendung mehrerer Kohlenpaare in einer Lampe diese allerdings nicht ganz erlöschen, aber das einmal ausgelöschte Kohlenpaar zündet sich nicht wieder an.

Ist eine Kerze verzehrt, so wird eine zweite automatisch in den Stromkreis eingeschaltet. Zu dem Ende hat der rechtsseitige Kohlenträger, welcher bis jetzt unbeweglich geblieben ist, an seinem oberen Ende ein Gelenk, und kann sich mittelst dieses zwar nicht in der Ebene HH, wohl aber in der Richtung senkrecht auf die durch HH gelegte Ebene drehen. Den Impuls hierzu bekommt er durch den Druck der Feder R, kann aber diesem nicht nachgeben, da ein Zinkdraht $\beta\beta$ sich gegen die Kohle einerseits und den Kohlenhalter O andererseits stemmt. Schreitet aber die Verbrennung der

Kerze bis zu diesem Punkte vor, so schmilzt der Zinkdraht ab, die Feder *R* kommt zur Wirkung und die beiden Kohlen werden soweit von einander getrennt, dass der Lichtbogen in dieser Kerze erlischt, aber sofort in einer anderen Kerze sich bildet.

Zum Betriebe der Kerze von Jamin müssen natürlich ebenfalls Wechselströme benützt werden. Zu einer ausgedehnteren praktischen Verwerthung ist sie nicht gelangt.

Parallele Kohlen zur Construction von Kerzen haben ferner angewandt: Siemens & Halske, Debrun, Solignac und Andrew. Von einer Beschreibung derselben wurde hier Umgang genommen, da sie sämmtlich für die Praxis keine besondere Bedeutung gewonnen haben. Man findet Beschreibungen der Kerzen von Siemens und Andrew in Merling: »Die elektrische Beleuchtung«, S. 345 und 346, von Debrun und Solignac in Hospitalier: »La physique moderne, les principales applications de l'électricité«, p. 158 et 159.

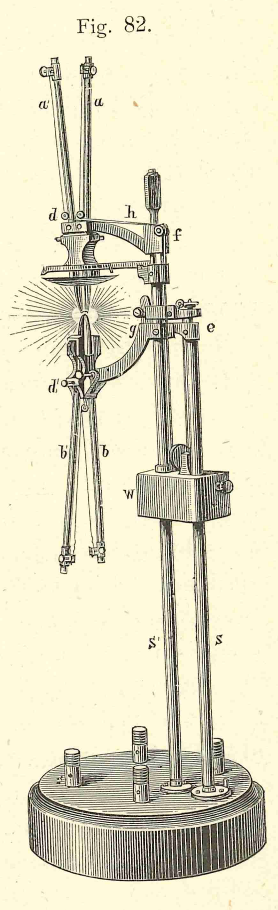
5. Lampen mit gegen einander geneigten Kohlen.

Lampe von Rapieff.

Auf einer Grundplatte erheben sich zwei Säulen *s* und s^1 (Fig. 82), welche je einen Kohlenhalter *d* und d^1 tragen. In jedem Kohlenhalter befinden sich zwei Kohlen $a a^1$ und $b b^1$, die unter spitzen Winkeln zu einander geneigt sind. In dieser Lage werden sie durch kupferne Gleitrollen erhalten. Die Ebenen der beiden durch die

Kohlenstäbe gebildeten Winkel stehen auf einander senkrecht. Die vom Scheitel der Winkel entfernten Kohlenenden sind mit schweren Fassungen versehen, von welchen Schnüre ausgehen, die über einige Führungsrollen laufen und an einem Gegengewicht *W* befestigt sind. Der Kohlenträger *d* und die Säule s^1 sind von den übrigen Lampentheilen isolirt; der Kohlenträger d^1 ist um ein Gelenk *g* drehbar, während *d* fest ist. Eine Schraube *h* dient zum Höher- oder Tieferstellen des Voltabogens. Betrachtet man ein Kohlenpaar, z. B. das obere näher, so sieht man, dass die beiden Kohlenstäbe durch ihr Gewicht und das Gegengewicht *W* so lange sinken müssen, bis sie durch Zusammentreffen ihrer Spitzen sich an der Weiterbewegung gegenseitig hindern. Brennen nun die Kohlen ab, so werden sie im selben Masse nachsinken, müssen sich aber räumlich im selben Punkte wieder treffen wie früher, da vermöge der Gleitrollen ihre gegenseitige Neigung unverändert bleibt. Ebenso verhält sich das untere Kohlenpaar. Die Entfernung beider Spitzen

Fig. 82.



der Kohlenpaare bleibt also stets dieselbe, das heisst die Bogenlänge bleibt unverändert. Dabei ist aber das eine Kohlenpaar unabhängig vom anderen. Das eine Kohlenpaar kann schneller abbrennen als das andere und doch rücken die Kohlen so vor, dass stets je zwei in einer Spitze zusammentreffen. Dies hat gegenüber den bis jetzt besprochenen Kerzen den Vortheil, dass gleich gerichtete Ströme verwendet werden können.

Wird die Lampe in einen Stromkreis eingeschaltet, so geht der Strom zunächst durch einen im Sockel der Lampe angebrachten Elektromagnet, welcher durch Anziehen seines Ankers eine durch die Röhre *s* gehende Stange herabzieht und dadurch den Kohlenträger d^1 nach abwärts dreht, also die früher infolge der Wirkung des Gewichtes *W* mit einander in Berührung gestandenen Kohlenpaare von einander entfernt und so den Lichtbogen bildet. Wie beim Fortdauern des Lichtbogens die Kohlen nachrücken, wurde bereits erwähnt. Erlischt durch irgend einen Umstand die Lampe, so wird auch der Elektromagnet stromlos und die Kohlenpaare kommen unter Einwirkung des Gewichtes *W* wieder zur Berührung, um so neuerdings das Brennen einzuleiten.

Die Durchmesser der Kohlen betragen ungefähr 8 Mm., ihre Länge geht bis zu 0·5 Mtr.; es können so viele Lampen in einen Stromkreis eingeschaltet werden, als dies die Spannung des zur Verfügung stehenden Stromes zulässt.

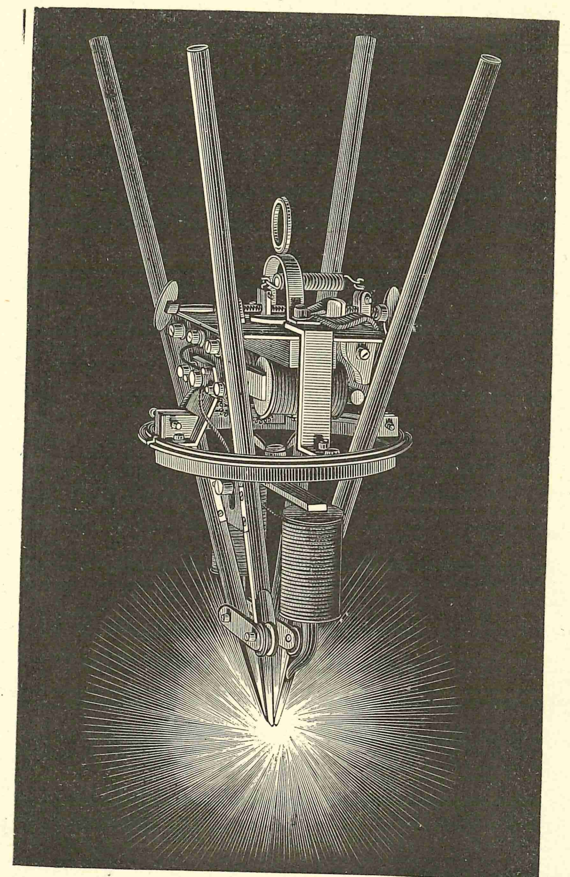
Lampe von Gérard.

Gérard wendet zur Construction seiner Lampe ebenfalls zwei Kohlenpaare an, doch sind die vier Kohlenstäbe so gestellt, dass sie die Kanten einer vierseitigen Pyramide bilden (Fig. 83). Die Kohlen sind in Röhren geführt und erhalten die Stromzuleitung durch Contactrollen, die nahe den Kohlenspitzen angebracht sind. Das eine Kohlenpaar, in der Figur das linksseitige, ist an der viereckigen Grundplatte unverrückbar befestigt, das andere, in der Zeichnung rechts befindliche, kann sich um ein Gelenk drehen. Eine unter dem Aufhängeringe der Lampe horizontal angebrachte Spiralfeder zieht es vom erst erwähnten Kohlenpaare ab. Die Spannung dieser Feder wird durch eine in der Figur unterhalb der Feder auf der linken Seite befindliche Schraube regulirt. Die rechts befindliche Schraube dient zur Verschiebung der Kohlenpaare gegen einander. Unterhalb der Grundplatte befindet sich ein Elektromagnet, dessen Anker an den Führungsröhren des rechtsseitigen, beweglichen Kohlenpaares befestigt ist. Seine Drahtwindungen liegen in einem Nebenschlusse. Unter diesem Magnete ist ein zweiter Elektromagnet angebracht, der in dem Hauptstrome eingeschaltet ist und dessen Eisenkerne gekrümmt und gegen den Voltabogen gerichtet sind. Sie haben den Zweck, letzteren stets gegen die Spitzen der Kohlen zu treiben.

So lange die Lampe stromlos ist, sind beide Kohlenpaare durch die Wirkung der Spiralfeder von einander getrennt. In einen Stromkreis eingeschaltet, geht der Strom zunächst durch den Nebenschluss, in welchem der obere horizontal liegende Magnet sich be-

findet; dieser zieht seinen, an den Führungsröhren des

Fig. 83.



rechtsseitigen Kohlenpaares befestigten Anker an und dreht dadurch dieses Kohlenpaar so, dass dessen Spitze mit der Spitze des zweiten Kohlenpaares in Berührung

kommt. Nun geht der Strom sofort durch die Kohlen und den unteren Elektromagnet, während der obere im Nebenschlusse liegende Elektromagnet nahezu stromlos wird und seinen Anker wieder loslässt. Hierdurch kommt die Wirkung der Spiralfeder zur Geltung, der Lichtbogen entsteht und wird durch die Eisenkerne des unteren Elektromagnetes stets an der Spitze der Kohlen erhalten. Beim Abbrennen der Kohlen sinken diese nach, aber immer nur bis zur Berührung je zweier zusammengehöriger Kohlen, wodurch der Voltabogen bei der stets gleichbleibenden Richtung sämmtlicher Kohlen gegeneinander immer dieselbe Länge behalten muss.

Sollte der Strom durch irgend eine Veranlassung momentan unterbrochen werden, so zündet sich die Lampe von selbst sofort wieder an, wie dies aus ihrer Construction leicht erklärlich ist. Zum Betriebe der Lampe können Wechsel- und gleichgerichtete Ströme angewandt werden, nur müssen im letzteren Falle für das Kohlenpaar, welches den positiven Pol bilden soll, noch einmal so lange Kohlen benützt werden als für das andere Paar. Die Kohlen können sehr lang genommen werden, so dass die Lampe bis zu 12 Stunden brennen kann.

Aehnlich der Lampe von Gérard ist die von Hedges construirt. Hedges wendet jedoch nur für die positive Kohlenelektrode ein Paar Kohlenstäbe an, während er für die negative Elektrode nur einen Kohlenstab nimmt. Um auch für diesen das Nachrücken immer nur zu einem bestimmten Punkt möglich zu machen, ist nahe der Spitze dieser Kohle ein Platinstift angebracht,

welcher so weit vorragt, dass stets nur der zugespitzte Theil der Kohle über den Platinstift vorrücken kann.

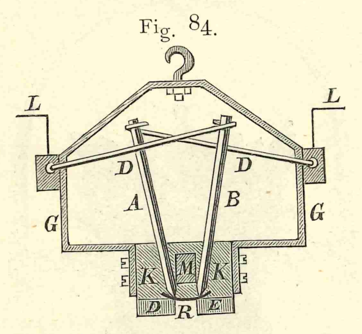
Eine Spiralfeder hält das positive Kohlenpaar mit der negativen Kohle in Berührung, so lange kein Strom durch die Lampe geht, ein Elektromagnet entfernt die Kohlen von einander, bildet und erhält dadurch den Voltabogen, sobald die Lampe in einen Stromkreis eingeschaltet wird.

Lampe Soleil.

In neuerer Zeit wurde von Clerc auf die von Staite angegebene Anordnung einer elektrischen Kerze wieder zurückgegriffen und diese in einer Art modificirt, welche zu reussiren scheint. Zwei Kohlen *A* und *B* (Fig. 84) werden in den Höhlungen eines Steinblockes, dessen Material ursprünglich Marmor war, geführt und sinken mit ihren Spitzen immer bis zur unten angebrachten Aushöhlung des Blockes vor. Der Steinblock wird durch ein Gehäuse *G G*, mit welchem er durch Schrauben verbunden ist, getragen. Im Innern des Gehäuses werden die Kohlen durch Kupferdrähte *D D* geführt und diese dienen auch gleichzeitig zur Zuleitung des Stromes; die Leitungsdrähte *L L* vermitteln die Einschaltung der Lampe in einen Stromkreis. Das Anzünden der Lampe erfolgt mit Hilfe eines kleinen Stückes Kohle *R* gerade so wie bei der Jablochkoff-Kerze. Der Strom tritt durch die eine Kohle ein, geht durch das Stück *R* und verlässt durch die zweite Kohle die Lampe. *R* wird glühend, brennt ab und der Voltabogen zwischen den beiden Kohlenspitzen ist entstanden. Gleichzeitig wird der zwischen beiden Spitzen befindliche

Theil des Marmorblockes glühend und verstärkt das Bogenlicht durch Incandescenz. In dem Masse als die Kohlen abbrennen, sinken sie auch durch ihre eigene Schwere nach. In neuester Zeit wird der Steinblock aus mehreren Theilen zusammengesetzt. Die beiden Stücke *K K* bestehen aus Kreide, die Unterlage *D E* ist aus Granit und *M* ein Block weisser Marmor. Sämmtliche Theile werden durch das Gehäuse und Schrauben zusammengehalten. Diese Zusammensetzung

Fig. 84.

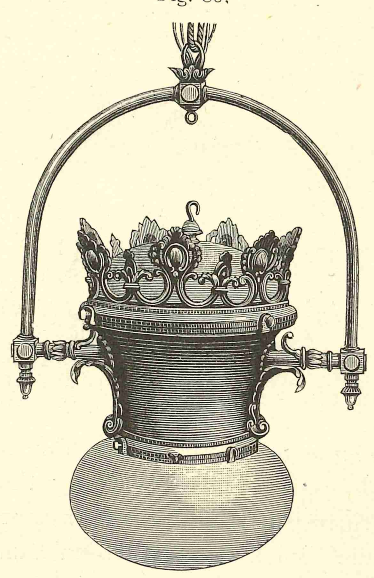


des Blockes hat den Vortheil, dass das Marmorstück, welches auch an der Lichterzeugung theilnimmt und daher nach einer gewissen Zeit verbraucht wird, leicht durch ein neues Stück ersetzt werden kann, ohne dass gleichzeitig die übrigen Theile unbrauchbar werden.

Die Lampe kann sowohl mit Wechselströmen als auch mit gleichgerichteten Strömen betrieben werden und erzeugt ein sehr ruhiges Licht. Selbst ein sehr starkes Schwanken in der Stromstärke bewirkt noch kein Erlöschen des Bogens, da der flüssige Marmor einen guten Leiter für den elektrischen Strom bildet, und der Strom schon längere Zeit sehr geschwächt

oder ganz unterbrochen sein muss, bis die Abkühlung so weit fortschreitet, dass die Lampe erlischt. Je nachdem die Kohlenspitzen in grösserer oder geringerer Entfernung von einander angebracht sind, wirkt die Lampe mehr als Glühlicht- oder als Bogenlampe. Um

Fig. 85.



aber gegen ein Erlöschen des Lichtes vollkommen sicher gestellt zu sein, wurden früher in jeder Lampe (siehe Fig. 85) zwei Systeme angebracht, so dass mit dem Verlöschen des einen, das andere selbstthätig zu leuchten begann. Die ornamentirte Kupferverkleidung bedeckte diese Vorrichtung und das Licht strahlte durch die unten angebrachte Kugel aus.

In jüngster Zeit verbesserte man die Lampe dahin, dass sie mit einem selbstthätigen Wiederanzünder ausgerüstet wurde. In der Zeitschrift »La lumière électrique« (T. VII, p. 440) befindet sich eine ausführliche Beschreibung desselben, welcher Nachstehendes entnommen ist.

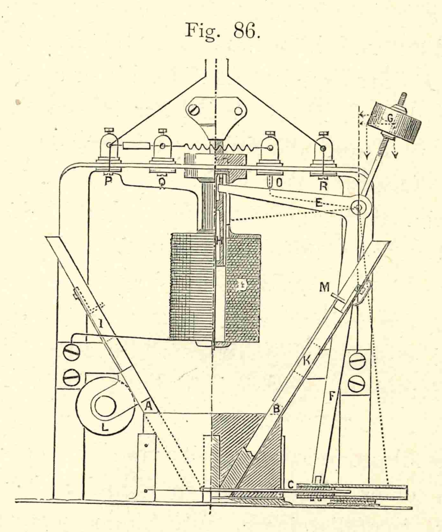
Das Princip dieses Wiederanzünders besteht darin, dass ein dünner Kohlenstab *c* (Fig. 86) horizontal unter der Kohle *B* durchgeschoben wird, bis er an die Kohle *A* stösst. In diesem Moment ist der Strom geschlossen, und wenn man nun die Kohle *c* wieder langsam zurückzieht, so bildet sich der Lichtbogen zunächst zwischen *A* und *c*, bis endlich *c* die Kohle *B* erreicht hat, worauf der Kohlenbogen zwischen *A* und *B* hergestellt ist. Um zu ermöglichen, dass die Kohle *c* unterhalb der Kohle *B* durchgehen und bis zur Berührung mit der Kohle *A* kommen kann, ist es nothwendig den beiden Kohlen *A* und *B* verschiedene Querschnitte zu geben; der Kohle *A* z. B. einen rechteckigen Querschnitt. An dem dem Abbrennen ausgesetzten Ende entsteht dann die Form eines abgestumpften Kegels. Der Kohle *B* giebt man ebenfalls einen rechteckigen Querschnitt, aber an einer Längsseite unterbrochen durch einen beiläufig halbkreisförmigen Ausschnitt. Beim Abbrennen dieser Kohle bildet sich dann eine Doppelspitze, deren einzelne Spitzen beiläufig die Form von *A* haben und zwischen sich einen hinlänglich breiten und hohen Raum lassen, um der dünnen Kohle *c* ein Durchgehen zu ermöglichen.

Die Form der Kohlen *A* und *B* kann übrigens was immer für eine sein; es wird nur gefordert, dass

beim Abbrennen der Kohlen *A* in seinem mittleren Theile massiv, *B* aber an derselben Stelle durchbrochen ist. Die Bewegung des Kohlenstiftes *c* kann mit der Hand oder auch automatisch bewirkt werden.

Die automatische Bewegung des Kohlenstiftes ist in Fig. 86 dargestellt. Sie erfolgt mit Hilfe eines Sole-

Fig. 86.



noides *D*, welches in dem Stromkreis der Lampe eingeschaltet ist, und eines Winkelhebels *EF*. Das Gewicht *G* hat den Zweck, dem weichen Eisenkerne *H* im Solenoide *D* das Gleichgewicht zu halten. Die Verschiebung desselben gestattet die Arbeit des Solenoides so zu reguliren, dass sie ein Minimum wird. Wenn kein Strom durch die Lampe geht, hebt das Gewicht *G* den weichen Eisenkern *H* aus dem Solenoide heraus und bringt den Kohlenstift *c* zum Contacte mit der Kohle *A*. Wird in

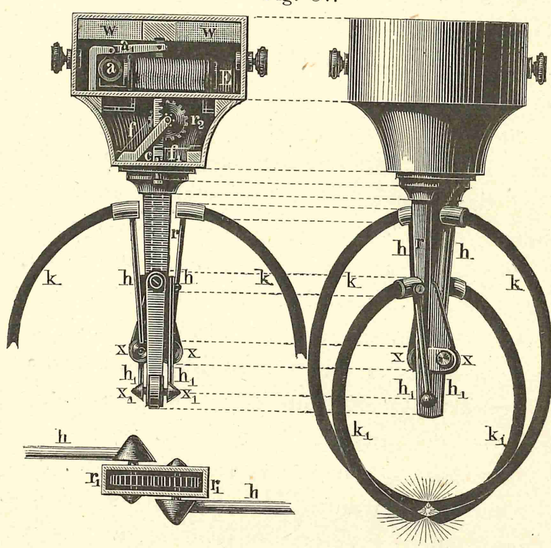
diesem Stadium der Strom in die Lampe geschickt, so findet er den Stromkreis durch *A*, *c* und *B* geschlossen, geht durch die Drahtwindungen des Solenoides und dieses zieht den weichen Eisenkern *H* hinein. Dadurch weicht der Kohlenstift *c* gegen die Kohle *B* zurück und gelangt endlich hinter die Kohle *B*, wodurch der Voltabogen zwischen *A* und *B* gebildet wird. Die Kohlen *A* und *B* brennen langsam ab und rücken nach Massgabe ihres Abbrennens vor.

Sollte der Strom unterbrochen werden, so verliert das Solenoid seine Anziehungskraft auf den Eisenkern, und das Gegengewicht *G* setzt den Kohlenstift *c* neuerdings gegen die Kohle *A* in Bewegung, bis er diese berührt, wodurch die Lampe neuerdings angezündet wird. Die Kohlen *A* und *B* sind ausser durch die Bohrungen des Steinblockes, welcher den Lampenkörper bildet, noch durch die Metallfassungen *I* und *K* geführt. Der Strom geht direct zu diesen und gelangt von hier aus in die Kohlen, sei es mit Hilfe von Gleitrollen *L* oder Contactstiften *M*. Sind die Kohlen *AB* ausgebrannt oder kommt der Kohlenstift aus irgend einer anderen Ursache nicht mehr in Berührung mit der Kohle *A*, so stellt der Hebel *E* bei *O* einen Contact her. In diesem Falle ist dann die Lampe ausgeschaltet, und der Strom geht durch einen der ausgeschalteten Lampe entsprechenden Widerstand weiter. Zwischen den beiden Klemmen *P* und *Q* ist auch noch ein Stück leicht schmelzbaren Metalles eingeschaltet, welches bei zu starkem Anwachsen des Stromes durch Abschmelzen denselben unterbricht.

Lampe von Heinrichs.

Ohne auf die ältere Construction einzugehen, soll hier gleich das neue, geänderte Modell beschrieben werden. Es ist dem Principe nach von den Lampen von Rapieff, Gérard und anderen nicht verschieden. Auch

Fig. 87.



hier werden zwei Kohlenpaare angewandt, und die constante Lichtbogenlänge dadurch erhalten, dass die einzelnen Kohlen nur soweit und immer soweit nachsinken, als dem Abbrennen entspricht, die Berührungspunkte der Kohlenpaare aber durch das unter immer gleichen Bedingungen erfolgende Aufeinandertreffen je zweier Kohlen eines Paares an derselben Stelle bleiben.

Abweichend von den früheren Constructionen ist die bogenförmige Gestalt der Kohlenstäbe; sie hat den

Vortheil, dass die Lampe bei geringer Länge eine grosse Brenndauer ermöglicht.

$k\,k$ stellt in Fig. 87 das obere positive Kohlenpaar vor, welches durch die Träger $h\,h$ um die Punkte $x\,x$ in der Ebene der Kohlen drehbar ist. An den Axen $x\,x$ sind Zahnräder $r_1\,r_1$ befestigt, deren Ineinandergreifen eine gleichmässige Bewegung beider Kohlen $k\,k$ bewirkt, und so die Berührungsstelle derselben immer am selben Orte erhält. Das Getriebe $r_1\,r_1$ wird von einem kleinen Rahmen getragen, welcher an der Schiene s befestigt ist. Diese hängt an dem längeren Arme a_1 eines Winkelhebels, dessen kürzeren Arm der Anker a des Elektromagnetes E bildet. Das untere negative Kohlenpaar $k_1\,k_1$, mit seiner Ebene senkrecht zur Ebene des positiven Paares angeordnet und durch die Träger $h_1\,h_1$ gehalten, ist um die Axen $x_1\,x_1$ in derselben Weise beweglich, wie das ersterwähnte Kohlenpaar. Das Getriebe der negativen Kohlen wird durch einen etwas grösseren Rahmen r getragen, und dieser ist an dem Gehäuse der Lampe isolirt befestigt. Die Drahtspule $W\,W$ oberhalb des Elektromagnetes wird beim Erlöschen der Lampe automatisch eingeschaltet, und dient dann zum Ersatze des Lichtbogenwiderstandes.

Im Ruhezustande der Lampe stehen beide Kohlenpaare an den Zusammenstosspunkten ihrer Kohlen in Berührung. Tritt aber bei L_1 ein Strom in die Lampe ein, so durchläuft dieser den Elektromagnet E, geht in das obere positive Kohlenpaar, und da dieses mit dem negativen in Berührung ist, in das negative, von wo aus er die Lampe bei L wieder verlässt. Der Elektromagnet E zieht sofort seinen Anker a an, hebt damit

das obere Kohlenpaar und stellt den Lichtbogen her; um eine zu heftige Bewegung zu vermeiden, ist die Stange *s* mit einigen Zähnen versehen, die in ein Getriebe des Rades r_2 eingreifen, während eine Feder *f* gegen den Umfang des Rades drückt. Das Nachsinken der Kohlen beim Abbrennen derselben erfolgt in der früher angegebenen Weise. Sollte die Lampe erlöschen, so lässt der Magnet *E* seinen Anker los, die Stange *s* und mit ihr das obere Kohlenpaar sinken herab bis zur Berührung mit dem unteren Paare, und stellen den Bogen wie anfangs wieder her. Gelingt dies aus irgendeiner Ursache nicht mehr, so wird die Lampe automatisch aus dem Stromkreise ausgeschaltet, ohne die anderen in denselben Stromkreis etwa geschalteten Lampen zu stören. Zu diesem Zwecke trägt die Schiene *s* unterhalb des Rades r_2 einen Stift, der beim Herabsinken der Schiene die Feder f_1 gegen einen Contact *c* drückt, und den Strom zwingt, von L_1 durch die Widerstandsspule *W W* in die Feder f_1, durch den Contactstift *c* nach *L* und zu den anderen Lampen zu gehen.

Der Durchmesser des einen Kohlenkreises beträgt 30·5 Cm., jener des zweiten 20·3 Cm. und die Brenndauer der Lampe 20 Stunden und darüber; sie richtet sich natürlich auch nach der Intensität des Lichtes.

V.

Die Kohlen für Bogenlampen und deren Erzeugung.

Wie man aus obigem Abschnitte ersehen kann, ist an Lampen der mannigfachsten Construction durchaus kein Mangel mehr. Sie alle können aber, selbst die zweckmässigste Construction vorausgesetzt, nur dann wirklich zufriedenstellende Dienste leisten, wenn man sich solcher Kohlenstäbe bedient, die gleichfalls allen Anforderungen entsprechen. Wie früher mitgetheilt wurde, hat Davy, als er zum ersten Male den Voltabogen erzeugte, Stäbe aus Holzkohle verwendet. Es wurde auch bemerkt, dass sich dieses Material zum Zwecke der Lichterzeugung durch Elektricität gleich anfangs als unbrauchbar erwies. Foucault ersetzte es durch Retortenkohle. Aber auch diese gab kein zufriedenstellendes Resultat. Die Erzeugung der letzteren, an den Innenwänden der Gasretorten in beständiger, inniger Berührung mit Mineralkohle, bringt es mit sich, dass ihre Masse sich nicht gleichmässig aus Kohlenstoff zusammensetzt, sondern mit mineralischen Bestandtheilen mehr oder weniger, häufig unregelmässig, vermischt ist. Die aus solcher Kohle geschnittenen Stäbe können daher kein ruhiges, gleichmässiges Licht geben, da bei ihrer Anwendung Kohlentheilchen und mineralische Bestandtheile in mehr oder weniger unregelmässigen

Zeiträumen zum Glühen kommen und hierbei ganz ungleichförmige Lichtintensitäten erzeugen. Die mineralischen Bestandtheile wirken auch dadurch schädlich, dass sie zum Theile schmelzen, zum Theile verdampfen, das Licht verschieden färben, zur Zersplitterung der Kohle, zum »Spritzen« derselben, Veranlassung geben. Man sah sich daher gezwungen, die Lampenkohlen eigens für diesen Zweck darzustellen. Ohne die Namen jener Männer, welche sich um die Darstellung brauchbarer Kohlenstäbe Verdienste erworben haben, alle aufzuzählen — die Reihe ist eine stattliche — mögen hier nur einige genannt werden.

Jacquelain versuchte die künstliche Darstellung der Retortenkohle unter Vermeidung jener Umstände, welche deren Verunreinigung mit mineralischen Bestandtheilen bewirken. Er nahm Theer, welcher als Destillationsproduct frei von allen nicht flüchtigen Bestandtheilen ist, und zersetzte diesen an stark erhitzten Flächen. Die auf solche Weise erzeugte Retortenkohle wurde in Stäbe zersägt und war hart und dicht wie die Retortenkohle. Sie lieferte ein vollkommen ruhiges Licht, dessen Intensität um 25% höher war als jene, welche man, gleiche Stromintensität vorausgesetzt, mit gewöhnlichen Retortenkohlen erzielen konnte. Leider gestaltet sich die Herstellung derartiger Kohlenstäbe zu kostspielig; es erfordert viel Arbeit, das sehr harte Material in Stäbe zu zersägen, und überdies gehen eine Menge Abfälle verloren.

In neuerer Zeit hat Jacquelain (in Wiedemann's Beiblättern) folgendes Verfahren zur Darstellung reiner Kohlen angegeben: Prismatische Gaskohlenstäbe werden erst bei Weissgluth mindestens 30 Stunden einem Chlorstrom, dann zur Ausfüllung ihrer Poren weissglühend in einem Cylinder von unschmelzbarem Thon langsam den Dämpfen von schwerem Steinkohlentheeröl ausgesetzt. Auch werden die Kohlen mit geschmolzenem Natron und dann mit destillirtem Wasser behandelt, um Kieselsäure und Thonerde zu entfernen; darauf mit Salzsäure und destillirtem Wasser zur Entfernung des Eisens und der alkalischen Erden. Endlich kann man die Kohlen in einem mit 1 Vol. Fluorwasserstoffsäure und 2 Vol. Wasser gefüllten Bleitrog 24 bis 28 Stunden bei 15 bis 25° C. einsenken, waschen und während 3 bis 5 Stunden carbonisiren. Bei gleichen Verhältnissen betrugen bei Erzeugung des Lichtbogens die Verluste v der Kohlen in Grammen in 24 Stunden und die Helligkeiten h, verglichen mit denen einer Carcellampe:

	v	h
Graphit, Alibert	245·0	55·14
Graphit mit Flusssäure gereinigt .	232·3	115·62
Gaskohle	183·4	71·90
Gaskohle mit Natron gereinigt .	273·7	69·44
Gaskohle mit Flusssäure gereinigt	203·0	85·75

Die gereinigten Kohlen geben ein constantes Licht, die nicht gereinigten ein unstätes.

Grosse Verdienste um die Herstellung der Lichtkohlen hat sich Carré erworben. Nach langwierigen und eingehenden Versuchen kam er endlich zu einem Verfahren, welches er sich im Jahre 1876 patentiren liess. Er empfiehlt hierin ein Gemenge von gepulverten Coaks, calcinirtem Russ und einem eigenen Syrup, der

aus 30 Theilen Rohrzucker und 12 Theilen Gummi bereitet ist. Von diesem Syrup werden 7—8 Theile mit 5 Theilen Russ und 15 Theilen Coaks vermischt. Der hierzu verwendete Coaks muss aus dem besten Materiale erzeugt sein, fein gemahlen und durch Wasser oder heisse Säuren gewaschen werden. Das ganze Gemenge wird mit etwas Wasser zu einem Teige verarbeitet, dieser comprimirt und durch eine Presse in die Form von Stäben gebracht.

Die so erhaltenen Stäbe kommen dann in Tiegel und werden längere Zeit einer hohen Temperatur ausgesetzt.

Das einmalige Glühen genügt jedoch nicht zur Herstellung consistenter Kohlen; sie sind nach dieser Operation noch zu porös. Um die Poren auszufüllen, werden die Stäbe in einen sehr concentrirten Syrup von Rohrzucker oder Caramelzucker gebracht und 2—3 Stunden gekocht. Während dieser Periode kühlt man die Kohlenstäbe einige Male stark ab, damit der Luftdruck den Syrup in alle Poren hineinpressen kann. Die Kohlen werden dann zur Entfernung des an ihrer Oberfläche noch haftenden Syrups mit Wasser abgespült und einem abermaligen Brennen unterworfen. Diese Operationen müssen so oft wiederholt werden, bis die Kohlen eine hinreichende Dichte und genügende Härte erreicht haben.

In dieser Weise erhält Carré Kohlenstäbe von grosser Homogenität, grösserer Härte als die der Retortenkohle, regelmässiger cylindrischer Form und ausserdem leiten sie auch noch die Elektricität besser als die Retortenkohle. Hingegen besitzen sie geringe

Haltbarkeit und bilden kleine Flammen und Unregelmässigkeiten in der Lichtstärke.

Gauduin hat gleich Carré zahlreiche Untersuchungen angestellt, bevor er dazu gelangte, gute Kohlenstäbe zu erzeugen. Da ihm die Kohle, welche bei den gewöhnlichen Verfahren in den Retorten erhalten wird, zu wenig rein erschien, entschloss er sich, die Kohle selbst zu bereiten und hierbei alles zu vermeiden, was der Reinheit der Kohlen Abbruch thun könnte. Es wurden deshalb zur Destillation keine Kohlen verwendet, sondern Pech, Theer, Harz, künstliche und natürliche Mineralöle etc. Es bleibt dann eine mehr oder weniger feste Kohle in den Destillirgefässen zurück, die fein gepulvert und dann mit Theer gemengt wird. Aus der so erhaltenen, teigartigen Masse werden die Stäbe durch eine hydraulische Presse erzeugt.

Fontaine hat über das Verhalten der Kohlen von Gauduin sehr eingehende und ausgedehnte Studien und Versuche durchgeführt,*) sie mit den Kohlen von Archereau und Carré verglichen und ist zu dem Resultate gekommen, dass die Kohlen von Gauduin den beiden letztgenannten überlegen sind. Er erhielt mit Retortenkohle eine Lichtstärke von 103, mit Kohlen von Archereau und Carré von 120—180 und mit Gauduin'schen Kohlen eine Lichtstärke von 200 bis 210 Carcelbrennern. Reducirt auf den gleichen Querschnitt von 0·0001 Quadratmeter war die Abnützung der verschiedenen Kohlenstäbe:

*) Fontaine, Die elektrische Beleuchtg., deutsch von F. Ross, II. Aufl. S. 84.

für die Kohlen von Carré	. . . .	44 Mm.
» » Retortenkohle	. . . .	49 »
» » Kohlen von Archereau	. . . . .	53 »
» » » » Gauduin (Holzkohle)	.	61 »
» » » » » Nr. 1	. . .	78 »

Im Verhältnisse zur Lichtstärke war diese Abnützung

	per 100 Brenner
für die Kohlen von Gauduin (Holzkohle)	32 Mm.
» » » » Archereau	39 »
» » » » Carré	40 »
» » » » Gauduin Nr. 1 . . .	40 »
» » Retortenkohle	50 »

In jüngster Zeit haben die Kohlen von Napoli durch ihre Güte sich einen Ruf verschafft. Napoli benützt zur Fabrication seiner Kohlenstäbe gleichfalls eigens zu diesem Zwecke dargestellte Retortenkohle, indem er Goudron der trockenen Destillation unterwirft.*) Die Kohle wird gemahlen, auf Schüttelsieben gesiebt und kommt dann in ein Gefäss, in welchem sich ein Paar Mühlsteine bewegen. Durch Beifügung einer bestimmten Quantität Goudron und die Bewegung der Mühlsteine entsteht ein gleichmässiger Brei, der in die Presse gebracht wird. Diese ist in Fig. 88 im Längsschnitte dargestellt. Der Presscylinder besteht aus zwei mit einander verschraubten Gusstheilen, deren unterer gekrümmt ist und drei Mundstücke trägt. Die Krümmung des Presscylinders hat sich als nothwendig herausgestellt, da wegen der Zähigkeit der Masse der Druck sich nicht gleichmässig fortpflanzt, und daher auch kein homogenes Product erhalten werden konnte. Den Presscylinder umschliesst ein Dampfrohr, um die Masse

*) Uppenborn, Zeitschr. f. angew. El.-L. III. S. 456.

Fig. 88.

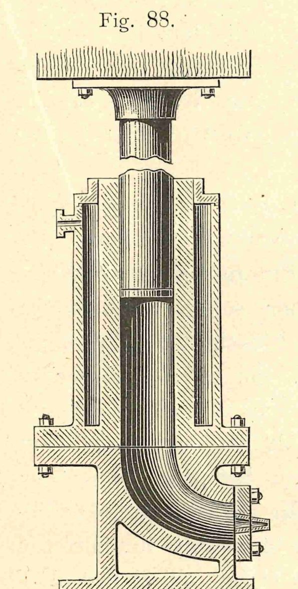
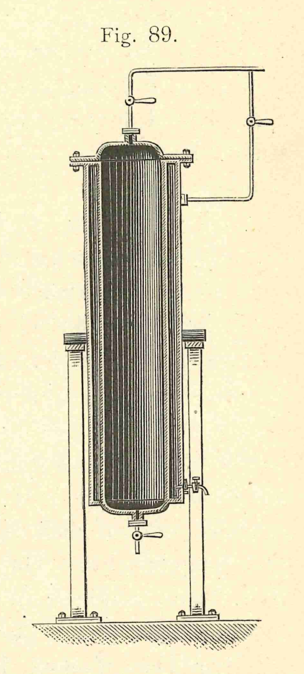


Fig. 89.



während des Pressens geschmeidig zu erhalten, und aus demselben Grunde legt man auf die Mundstücke glühende Eisenblöcke. Die Pressung selbst wird durch hydraulischen Druck bewerkstelligt.

Die auf diese Weise erzeugten Kohlenstäbe werden dann nach und nach bis zur Rothgluth erhitzt, um den noch enthaltenen Goudron zu zersetzen. Die Temperatur

muss langsam erhöht werden, damit die Zersetzung allmählich erfolgt und die Gase Zeit finden zu entweichen. Die Kohlen ziehen sich hierbei beträchtlich zusammen. Nachdem man sie langsam erkalten gelassen, erhitzt man sie abermals, aber jetzt bis zur hellen Rothgluth. Nachdem sie wieder abgekühlt sind, haben sie eine stahlgraue Färbung und hinreichende Härte und Festigkeit. Die Lampen verbrauchen von solchen Stäben stündlich 75 Mm., während sie 250 Mm. Carré'scher Kohlen bedürfen.

Wünscht man Kohlen von noch grösserer Dichte herzustellen, so muss man sie nochmals tränken; dies kann aber nicht durch blosses Eintauchen der Kohlen geschehen, da hierbei wegen der schon ziemlich bedeutenden Dichte derselben die Flüssigkeit nicht mehr in die Poren eindringen würde. Sie werden daher in einen Cylinder gegeben (Fig. 89), der von einem Dampfstrom behufs Erwärmung umspült ist, dann die Luft aus dem Cylinder und den darin befindlichen Kohlen evacuirt, worauf man durch einen am Boden des Cylinders angebrachten Hahn die Flüssigkeit hineintreten lässt. Dann schliesst man diesen Hahn, öffnet den oben angebrachten Hahn, der die Verbindung des Cylinders mit dem Dampfkessel herstellt, und lässt durch den Dampfdruck die Flüssigkeit in die Poren der Kohlen hineinpressen. Hierauf wird die Flüssigkeit abgelassen und ein Dampfstrom durch den Cylinder gesandt, der die Kohlen von der oberflächlich anhaftenden Flüssigkeit befreit und zugleich die leichter flüchtigen Kohlenwasserstoffe mitführt. Den Schluss des ganzen Verfahrens bildet ein abermaliges Ausglühen der Kohlenstäbe.

Dimensionen der Kohlen	Beschaffenheit der Oberfläche	Abbrand von Kohlen in 1 Stunde: am + Pol Mm.	am — Pol Mm.	Total Mm.	Länge der Zuspitzung: positiv	negativ	Lichtstärke in Carcelbrennern à 8 N.-K.
Durchmesser = 7 Mm. Querschnitt = 38·46 Qu.-Mm.	frei	166	68	234	53	23	947
	verkupfert	146	40	186	24	10	947
	vernickelt	106	38	144	12	7	947
Durchmesser = 9 Mm. Querschnitt = 63·61 Qu.-Mm.	frei	104	50	154	45	22	528
	verkupfert	98	34	132	27	7	553
	vernickelt	68	36	104	21	7·5	516

Die auf diese Weise erzielten Resultate sind nach Uppenborn's Erfahrungen noch nicht übertroffen.

Wenn man zwischen zwei auf welche Art immer dargestellten Kohlenstäben den Lichtbogen brennen lässt, kommen nicht nur die Spitzen der Kohlen in helle Gluth, sondern die Kohlen werden bis auf eine Länge von 7 bis 8 Cm. rothglühend. Da dieses Verhalten einen Lichtverlust bedingt, suchte man diesem Uebelstande abzuhelfen. Das Mittel hierzu fand man im Ueberziehen der Kohle mit einer dünnen Metallschicht. Es zeigte sich hierbei, dass durch das Metallisiren der Kraftverbrauch und die Lichtstärke fast gar nicht alterirt werden, hingegen der Abbrand sich erheblich vermindert. Die in den Werkstätten von Sautter, Lemonier & Cie. von Reynier ausgeführten Versuche unter Anwendung Serrin'scher Lampen und Kohlen von Carré ergaben die in der Tabelle auf Seite 217 zusammengestellten Resultate.

Aus diesen Versuchen ergiebt sich ausserdem noch, dass die Zuspitzung bei den freien Kohlen besser und auf längere Strecken vor sich geht als bei den metallisirten Kohlen, und dass die Brenndauer bei den verkupferten und noch mehr bei den vernickelten gegenüber der der freien Kohlen verlängert wird.

Index.
